

## NOVEDADES PRÁCTICAS DE AHORRO ENERGÉTICO DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN.



- Taller de trabajo es una metodología de trabajo en la que se integran la teoría y la práctica.
- Se caracteriza por la investigación, el aprendizaje por descubrimiento y el trabajo en equipo que, en su aspecto externo, se distingue por el acopio (en forma sistematizada) de material especializado acorde con el tema tratado teniendo como fin la elaboración de un producto tangible.
- Un taller es también una sesión de entrenamiento. Se enfatiza en la solución de problemas, capacitación, y requiere la participación de los asistentes.

27 de octubre de 2020

### AUDITOR ENERGÉTICO

[Auditoría y certificación energética de edificios.](#)

## NOVEDADES PRÁCTICAS DE AHORRO ENERGÉTICO DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN.

La aplicación del nuevo DB-HE 2019 recogido en el Real Decreto 732/2019, de 20 de diciembre, por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo.

El Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA) acaba de completar con un documento de ejemplos prácticos la Guía de Aplicación del Documento Básico de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación.

El Código Técnico de la Edificación (CTE) es la normativa técnica aplicable a los edificios de nueva construcción y a los edificios existentes cuando en estos se realizan determinadas intervenciones, con el objetivo de garantizar unas condiciones aceptables de seguridad y habitabilidad.

El Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE), que forma parte del CTE, busca asegurar que el confort de sus ocupantes se alcance con un uso racional de la energía en los edificios.

La última modificación del documento básico de ahorro de energía DB-HE 2019 publicado en diciembre de 2019, incorpora el control de nuevos parámetros e indicadores. Algunos de estos indicadores, hacen referencia o están estrechamente ligados a la propia composición volumétrica y formal del proyecto. Por lo tanto, es muy importante conocer la manera en la que esas primeras decisiones que se tomen en el diseño del edificio pueden facilitar el cumplimiento de estas exigencias de ahorro de energía que se marcan desde Europa y que se han transpuesto en el DBHE del CTE.

## ESTRATEGIAS DE AHORRO ENERGÉTICO Y ESTRUCTURA DEL DB HE

Cuando hablamos de ahorro energético o de eficiencia energética en la edificación, nos estamos refiriendo al consumo energético de los edificios. De manera general, dicho consumo se refiere a la energía necesaria para el funcionamiento de todos sus sistemas activos. De todos ellos, en este momento, la limitación normativa afecta a los que suponen un gasto más significativo en función del uso del edificio o las unidades que lo componen.

### En concreto, los servicios afectados son los siguientes:

#### • Consumo de los sistemas de climatización y acondicionamiento ambiental:

- Calefacción (En todos los usos)

- Refrigeración (En todos los usos)

- Iluminación (limitado a los edificios de uso distinto al residencial privado)

#### • Consumo de los sistemas que cubren necesidades higiénicas y de salubridad en los edificios:

- Ventilación y renovación del aire interior (En todos los usos)

- Preparación de Agua Caliente Sanitaria (ACS) (En todos los usos)

El Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA) acaba de completar con un documento de ejemplos prácticos la Guía de Aplicación del Documento Básico de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación. El objetivo de ambos documentos es facilitar la aplicación del nuevo DB-HE recogido en el Real Decreto 732/2019, de 20 de diciembre, por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo.

Vienen a completar el conjunto de documentos técnicos de ayuda que responden a la estrategia del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana de facilitar la aplicación de la reglamentación de la edificación y ampliar su conocimiento entre el personal técnico que actúa en el campo de la edificación.

El documento está pensado para los agentes de la edificación que vayan a aplicar el DB-HE o quieran tener un conocimiento más profundo en relación con otras actuaciones dentro del ámbito de la edificación distintas de la propiamente proyectual.

Se estructura, tras una primera introducción que enmarca el DB-HE dentro de la política energética europea, en un análisis sección por sección del DB-HE correspondiente con cada una de las exigencias que contiene el mismo, mediante cuatro apartados:

- **Aspectos generales**
- **Esquema de aplicación**
- **Cumplimiento**
- **Conceptos de interés donde se recogen advertencias y aclaraciones sobre aquellas cuestiones de más difícil comprensión o que pueden dar lugar a mayor confusión completando con algún ejemplo de cálculo y donde se hace mención expresa también a la aplicación de la reglamentación en las intervenciones en edificación existente.**

Asimismo existen otros documentos de apoyo o complementarios que facilitan la aplicación e interpretación del DB-HE y que están igualmente disponibles en la página web del CTE:

- **DB-HE con comentarios**
- **DA DB-HE/1: Cálculo de parámetros característicos de la envolvente**
- **DA DB-HE/2. Comprobación de limitación de condensaciones superficiales e intersticiales en los cerramientos**
- **DA DB-HE/3. Puentes térmicos**
- **Código Técnico de la Edificación**

El Código Técnico de la Edificación (CTE) es la normativa técnica aplicable a los edificios de nueva construcción y a los edificios existentes cuando en estos se realizan determinadas intervenciones, con el objetivo de garantizar unas condiciones aceptables de seguridad y habitabilidad. El Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE) quiere asegurar que el confort de sus ocupantes se alcance con un uso racional de la energía en los edificios.

La Estrategia a largo plazo para 2050 de la Unión Europea establece una hoja de ruta hacia una economía baja en carbono mediante de reducción de gases de efecto invernadero (GEI), fijando para el sector de la edificación un objetivo de reducción de emisiones del 90 % para el año 2050 respecto a las emisiones de 1990. En España ese objetivo lo desarrolla el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC), con medidas para reducir la dependencia energética del exterior recogiendo también el avance de la eficiencia energética de los sistemas de los edificios, el cambio de fuentes energéticas utilizadas para la climatización y para la producción de ACS, apostando por un mayor uso de fuentes renovables.

# EJEMPLOS (I)



Este documento recoge el primero de una serie de ejemplos prácticos que muestran la aplicación del DBHE siguiendo el orden lógico que requiere la elaboración de un proyecto de edificación, presentando las casuísticas más habituales y barriendo distintos usos edificatorios. Se ha realizado bajo la supervisión de la Dirección General de Agenda Urbana y Arquitectura del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.

**Dirección y coordinación:**

Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana:

Isabel Marcos Anasagasti

Raquel Lara Campos

Raúl Valiño López

Manuel Rodríguez Pérez - Doctor arquitecto, profesor del departamento de construcción de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid (UPM)

**Autores:**

Manuel Rodríguez Pérez - Doctor arquitecto, profesor del departamento de construcción de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid (UPM)

Violeta Rodríguez González - Arquitecta

**Ilustración:**

Violeta Rodríguez González- Arquitecta

Manuel Rodríguez Pérez - Doctor arquitecto, profesor del departamento de construcción de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid (UPM)

Catálogo de publicaciones de la Administración General del Estado:  
<http://publicacionesoficiales.boe.es>

Centro virtual de publicaciones del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana:

[www.mitma.gob.es](http://www.mitma.gob.es)

**Edita:**

Centro de Publicaciones

Secretaría General Técnica

Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana ©

**Entidad colaboradora:**

Este texto se ha elaborado con la participación del CSCAE – Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España



**CSCAE**

Consejo Superior de los  
Colegios de Arquitectos de España

NIPO. 796-20-181-7

Está permitida la reproducción, parcial o total, del presente documento, siempre que esté destinado al ejercicio profesional de los técnicos del sector. Por el contrario, debe contar con aprobación por escrito cuando esté destinado a fines editoriales en cualquier soporte impreso o electrónico.

Octubre 2020

## ÍNDICE GENERAL DE LA GUÍA

1. INTRODUCCIÓN
2. ESTRATEGIAS DE AHORRO ENERGÉTICO Y ESTRUCTURA DEL DB HE
3. OBJETIVOS DE ESTA GUÍA DE AYUDA A LA APLICACIÓN DEL NUEVO DB HE 2019
4. ESTRUCTURA Y ORGANIZACIÓN DEL APARTADO DE EJEMPLOS
5. FICHA 0. VIVIENDA UNIFAMILIAR MÍNIMA

SECCIÓN 1. Descripción y toma de datos

SECCIÓN 2. Cumplimiento de las exigencias

SECCIÓN 3. Ayudas



## GUÍA DE EJEMPLOS DE APLICACIÓN DEL NUEVO DB-HE 2019

### 1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de esta guía es facilitar, mediante la exposición de ejemplos prácticos, la aplicación del nuevo DB-HE 2019 recogido en el Real Decreto 732/2019, de 20 de diciembre, por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo.

Esta guía viene a completar el conjunto de documentos técnicos de ayuda que responden a la estrategia del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana de facilitar la aplicación de la reglamentación de la edificación y ampliar su conocimiento entre el personal técnico que actúa en el campo de la edificación.

El documento está pensado para los agentes de la edificación que vayan a aplicar el DB-HE.

Así mismo existen otros documentos de apoyo o complementarios que facilitan la aplicación e interpretación del DB-HE y que están igualmente disponibles en la página web del CTE:

- Documento divulgativo: Conceptos básicos de la modificación del CTE aprobada por el Real Decreto 732/2019
- Guía de aplicación DB-HE 2019
- DA DB-HE/1: Cálculo de parámetros característicos de la envolvente
- DA DB-HE/2. Comprobación de limitación de condensaciones superficiales e intersticiales en los cerramientos
- DA DB-HE/3. Puentes térmicos
- Por último, existe una aplicación web libre y gratuita que facilita la verificación de ciertas secciones del DB-HE, el Visor EPBD <https://www.codigotecnico.org/visorepbd/#/>

Se trata de una aplicación web de ayuda a la evaluación de la eficiencia energética de los edificios usando el procedimiento de la norma ISO UNE-EN 52000-1 destinada a la aplicación del Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE 2019).

La aplicación permite, a partir de los datos de energía final, desglosada por servicios y vectores energéticos, los factores de paso a energía primaria y emisiones ( $F_p$ ), y el factor de exportación  $K_{exp}$ , obtener el balance de energía del edificio, de acuerdo a la norma UNE-EN ISO 52000-1, y varios indicadores del DB-HE, incluyendo el consumo de energía primaria ( $C_{ep,nren}$  y  $C_{ep,tot}$ ), las emisiones de CO<sub>2</sub> y el porcentaje de la demanda de ACS procedente de fuentes renovables, calculado para el perímetro próximo.

El Código Técnico de la Edificación (CTE) es la normativa técnica aplicable a los edificios de nueva construcción y a los edificios existentes cuando en estos se realizan determinadas intervenciones, con el objetivo de garantizar unas condiciones aceptables de seguridad y habitabilidad.

El Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE), que forma parte del CTE, busca asegurar que el confort de sus ocupantes se alcance con un uso racional de la energía en los edificios.

La última modificación del documento básico de ahorro de energía DB-HE 2019 publicado en diciembre de 2019, incorpora el control de nuevos parámetros e indicadores. Algunos de estos indicadores, hacen referencia o están estrechamente ligados a la propia composición volumétrica y formal del proyecto. Por lo tanto, es muy importante conocer la manera en la que esas primeras decisiones que se tomen en el diseño del edificio pueden facilitar el cumplimiento de estas exigencias de ahorro de energía que se marcan desde Europa y que se han transpuesto en el DBHE del CTE. De esta forma se hace más necesaria que nunca, una guía que desarrolle ejemplos concretos analizando cada uno de estos

indicadores, estudiando su incidencia en el proyecto y justificando su cumplimiento y en caso contrario las vías para obtenerlo.

El camino normativo recorrido desde la aparición del código técnico de la edificación en 2006, como marco normativo que fija la calidad de los edificios y sus instalaciones, los avances técnicos y tecnológicos y las nuevas exigencias de la sociedad al sector de la edificación han obligado a su actualización de manera periódica y determinando el alcance actual de su contenido. En general, este proceso ha supuesto un progresivo incremento de los requisitos de eficiencia energética aplicados a los edificios. Desde el inicio, se ha ido incidiendo principalmente sobre tres aspectos que afectan al consumo energético final de un edificio:

1. El comportamiento pasivo del edificio pensando sobre todo en morfología y composición de la envolvente.
2. El rendimiento de los sistemas utilizados en la prestación de los servicios térmicos que el edificio demanda.
3. Y por último, la progresiva incorporación de las energías renovables aplicadas a los diferentes sistemas del edificio o directamente en la producción local de energía.

El objetivo último es acercarnos al concepto ya definido en revisiones anteriores de edificio de “consumo de energía casi nulo”, y que el nuevo DB-HE 2019 ha concretado su definición estableciendo que edificio de consumo de energía casi nulo es aquel edificio, nuevo o existente, que cumple con las exigencias reglamentarias establecidas en este Documento Básico “DB HE Ahorro de Energía” en lo referente a la limitación de consumo energético para edificios de nueva construcción.

Es decir, todos los edificios nuevos que se construyan de acuerdo con el DB-HE 2019 serán edificios de “consumo de energía casi nulo” y también lo serán los edificios existentes que cumplan los niveles de edificios nuevos en los indicadores de consumo de energía primaria.

## 2. ESTRATEGIAS DE AHORRO ENERGÉTICO Y ESTRUCTURA DEL DB HE

Cuando hablamos de ahorro energético o de eficiencia energética en la edificación, nos estamos refiriendo al consumo energético de los edificios. De manera general, dicho consumo se refiere a la energía necesaria para el funcionamiento de todos sus sistemas activos. De todos ellos, en este momento, la limitación normativa afecta a los que suponen un gasto más significativo en función del uso del edificio o las unidades que lo componen. En concreto, los servicios afectados son los siguientes:

- Consumo de los sistemas de climatización y acondicionamiento ambiental:
  - Calefacción (En todos los usos)
  - Refrigeración (En todos los usos)
  - Iluminación (limitado a los edificios de uso distinto al residencial privado)
- Consumo de los sistemas que cubren necesidades higiénicas y de salubridad en los edificios:
  - Ventilación y renovación del aire interior (En todos los usos)
  - Preparación de Agua Caliente Sanitaria (ACS) (En todos los usos)

Este consumo de energía está supeditado a dos factores tal y como se ve en la expresión (1): por una parte, el numerador que hace referencia a la demanda energética, entendida como la cantidad de energía necesaria para mantener unas determinadas condiciones de confort dentro del edificio, necesarias para desarrollar la actividad propia de cada uso. Por otra parte, en el denominador se reflejaría la eficacia o rendimiento de los sistemas empleados para satisfacer la demanda que figura en el numerador.

$$\text{Consumo de energía final} = \frac{\text{demanda energética}}{\text{rendimiento medio de los sistemas}} \quad (1)$$

De manera implícita, en esta expresión se recogen las diferentes estrategias de ahorro energético aplicables. Los tres pilares que fundamentan las estrategias que buscan la reducción del consumo energético en los edificios son las siguientes:

1. La reducción de la demanda. Necesitamos edificios eficientes que requieran del mínimo de energía para su actividad ordinaria.
2. Sistemas eficientes. Debemos incorporar sistemas y tecnologías que satisfagan las demandas del edificio con el mínimo consumo energético.
3. Incorporación de fuentes renovables. Debemos priorizar la incorporación de fuentes de energía renovable, siendo en algunos casos, necesario producirlas dentro del edificio o en su entorno próximo.

De esta forma y de manera combinada, se aplicarán soluciones que reduzcan el numerador, es decir, la demanda y medidas que optimicen el comportamiento de los sistemas implicados. Así dentro de las primeras se deberían considerar al menos aspectos tales como:

- El control sobre la orientación del edificio y su relación con el entorno.
- Definición formal del proyecto, volumetría y compacidad, posición y proporción de huecos en cada orientación.
- Control de las pérdidas y ganancias por la envolvente (es una condición estacional y local).
- Composición de cerramientos y soluciones específicas en puentes térmicos.
- Tratamiento de huecos en cuanto a su composición y a las protecciones solares fijas y móviles que incorporan.
- Control de la estanquidad de la envolvente. Ventilación controlada y filtraciones del conjunto de la envolvente.

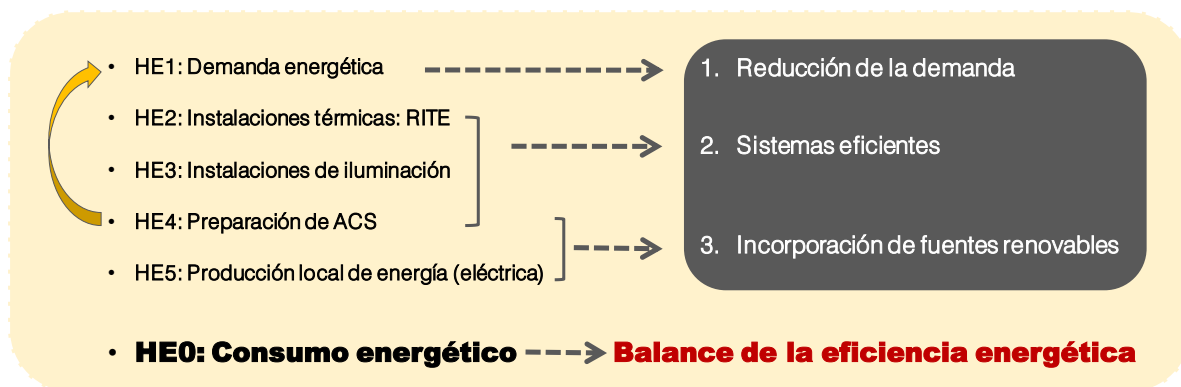
Respecto al denominador, rendimiento de los sistemas activos del edificio:

- Dimensionado y cálculo adecuado de los equipos.
- Elección de aquellos que presentan una mejor relación de energía entregada respecto a la consumida, considerando también un valor racional de coste.
- Centralización y aprovechamiento del factor de escala.
- Incorporación de sistemas de gestión y control que ajusten el consumo a la demanda real atendiendo a criterios de ocupación y uso efectivo de los espacios. Esto requiere una eficaz zonificación de los edificios y los apropiados sistemas de regulación.

Por último y atendiendo a la elección de las fuentes de energía, la primera reflexión nos lleva a una visión urbana del problema. Los edificios y su entorno deben contribuir en la producción de la mayor parte de la energía que demandan y esta debe provenir prioritariamente de fuentes de energía renovables. Esta contribución reducirá la huella remota de carbono de los edificios y, por tanto, de nuestros pueblos y ciudades. Considerando todo lo anterior, el criterio debería ser:

- Elección estratégica de las fuentes de energía, primando las renovables y de entre ellas:
  - Las limpias
  - Las de proximidad o vector corto
  - Las gratuitas o de coste de explotación más baratas

Por otra parte, los tres pilares a los que nos referíamos anteriormente y que fundamentan las estrategias de ahorro energético en la edificación, son los que dan estructura al propio documento básico de ahorro de energía. Cada una de las exigencias se podría encuadrar dentro de alguno de estos tres apartados.



Completarían la estructura, la demanda derivada de la necesaria renovación de aire (ventilación), que para el interior de las viviendas se recoge en el documento básico de salubridad HS 3 “Calidad del aire interior”, mientras que, para otros usos se recoge en el RITE.

Por otra parte, el DB HE0 como balance final de la eficiencia energética del edificio, se ve afectado implícitamente por todos los parámetros anteriores, también de la demanda.

### 3. OBJETIVOS DE ESTA GUÍA DE AYUDA A LA APLICACIÓN DEL NUEVO DB HE 2019

Se trata de una guía de ejemplos de aplicación práctica del DB HE 2019, sobre casos concretos atendiendo a sus particularidades y posibles variantes. Pretende ser un documento de ayuda, tanto en la elaboración de la información previa necesaria, como en su interpretación y la comparación y aplicación de los valores de referencia e indicadores. En esta primera publicación Guía de aplicación DB-HE 2019 Ejemplos (I), a la que seguirán otras que aborden otros casos prácticos se pretende un primer acercamiento, a través de un ejercicio casi teórico, de programa mínimo, lo que nos permite utilizar una geometría sencilla que facilita el cálculo rápido de distintas variaciones, pudiendo hacer la mayor parte de estos cálculos a mano.

En futuras entregas, se pretende desarrollar el número suficiente de ejemplos para abarcar los usos más habituales y distintos grados de intervención referidos a edificios nuevos y rehabilitación o reforma. De la misma manera, se buscarán localizaciones teóricas en diferentes zonas climáticas, de tal forma que sea posible analizar las posibles medidas a adoptar en cada contexto.

Este ejemplo que ahora se plantea, no pretende ser un modelo de buen comportamiento energético, sino que su objetivo principal es proponer situaciones muchas veces límite, que permitan la reflexión sobre diferentes alternativas tanto en la configuración de la forma del edificio, la caracterización de su envolvente y particiones interiores, así como sobre la elección de los sistemas destinados al acondicionamiento térmico y de salubridad del edificio.

### 4. ESTRUCTURA Y ORGANIZACIÓN DEL APARTADO DE EJEMPLOS

Este primer ejemplo y los siguientes que se publiquen se organizan en fichas, cada una de las cuales se ordena en tres secciones de contenidos, que responden al proceso lógico de evaluación pero que, al mismo tiempo, permite también una consulta no lineal, por partes. Cada sección y sus diferentes

apartados se identifican por una serie de logos que aparecen en el encabezado de cada hoja. Esto permite una selección rápida en la búsqueda de un contenido concreto.

La estructura de las fichas es la siguiente:

### SECCIÓN 1: DESCRIPCIÓN Y TOMA DE DATOS: [DESCRIPCIÓN]

Aquí se realiza una recopilación de los datos y características del proyecto o de la realidad del edificio existente y que nos van a resultar necesarios a lo largo del proceso.

Los códigos de sección, apartados y subapartados que aparecen en el texto son los siguientes:

## DESCR IPC IÓN

### SECCIÓN 1: DESCRIPCIÓN DEL EJEMPLO. TOMA DE DATOS.

- A Datos generales y programa funcional
- B Arquitectura: Definición geométrica
- C Definición constructiva
- D Sistemas de acondicionamiento y ACS
- E Indicaciones para el levantamiento en HULC

## DAT

### DATOS GENERALES Y PROGRAMA FUNCIONAL

1. Información general
2. Programa funcional

## INFO GENERAL

1. Datos generales

### SECCIÓN 2: CUMPLIMIENTO DE LAS EXIGENCIAS. [CUMPLE]

En este apartado se evalúa el cumplimiento de todos los indicadores que afectan a cada ejemplo y para cada una de las exigencias. El orden en el que se recorre el documento es el que resulta más lógico en un proceso ordinario de evaluación. Se comienza con la exigencia relativa al control de la demanda HE 1, porque implica aspectos cuyas determinaciones nacen con el propio proyecto: tamaño, volumetría, características de la envolvente (composición, dimensiones y proporción de huecos...), etc. A continuación, se sigue correlativamente el resto de las exigencias, para cerrar con el balance del

consumo energético final limitado en la exigencia HE 0. El código con el que aparece en el texto esta sección el siguiente:

**CUMPLE**

## SECCIÓN 2. CUMPLIMIENTO DE LAS EXIGENCIAS

**HE1** Condiciones para el control de la demanda energética

**HE3** Condiciones de las instalaciones de iluminación

**HE4** Contribución mínima de energía renovable para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria

**HE5** Generación mínima de energía eléctrica

**HE0** Limitación del consumo energético.

Dentro de cada una de las exigencias, la estructura de apartados y subapartados responderá al esquema, nomenclatura y grafismo que se muestra a modo de ejemplo para el DB HE 1:

**HE1**

### HE1.CONDICIONES PARA EL CONTROL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

1. Preparación de datos previos a la comprobación
2. Condiciones de la envolvente térmica
3. Limitación de descompensaciones
4. Limitación de condensaciones de la envolvente térmica
5. Comentarios

**DAT**

1. Preparación de datos previos a la comprobación

## SECCIÓN 3: AYUDAS. [AYUDA]

Esta es una sección que complementa los apartados anteriores y que servirá para desarrollar algunos de los cálculos necesarios para la obtención del valor de los diferentes indicadores. También pueden aparecer otros cálculos de “ayuda” a los anteriores que con frecuencia se obvian y pueden resultar necesarios.

Los códigos con los que se organiza esta sección en el texto son los siguientes:

## AYUDA

### SECCIÓN 3. AYUDAS

- 1 Cálculo de transmitancias
- 3 Cálculo de la compacidad
- 4 Cálculo de la ventilación
- 5 Cálculo de la demanda de ACS
- 6 Cálculo del parámetro de control solar

Dentro de cada tema, la estructura de apartados y subapartados responderá al esquema, nomenclatura y grafismo que se muestra en el siguiente ejemplo:

## TRSMT

### CÁLCULO DE TRANSMITANCIAS

1. Transmitancias de cerramientos
2. Coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica

## U

2. Transmitancias de cerramientos

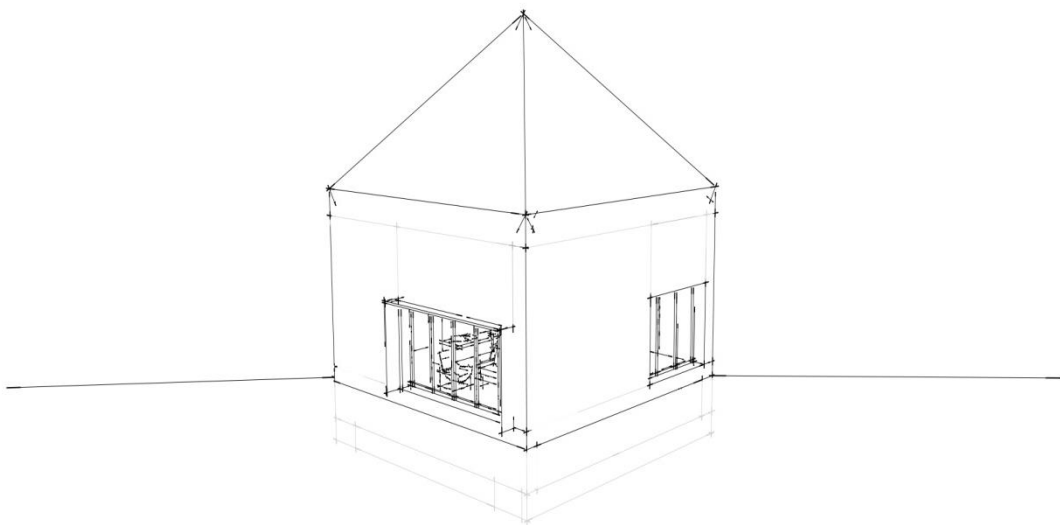
Todas las fichas responden a la misma estructura, no obstante, y como ya se ha comentado anteriormente, se ha optado por iniciar la guía de ejemplos, con una “ficha 0” que desarrolle más en profundidad los conceptos y cálculos geométricos, que resultarían de más difícil análisis y comprensión en un edificio de mayor tamaño. A partir de una geometría no muy compleja y de escala reducida, es más sencillo para el lector analizar las diferentes tablas y gráficos y reflexionar sobre las implicaciones que los aspectos formales y volumétricos tienen para la caracterización de algunos parámetros.

Se abre pues el documento con esta ficha 0 como punto de partida.

## 5. FICHA 0. VIVIENDA UNIFAMILIAR MÍNIMA

# F0

VIVIENDA UNIFAMILIAR  
MÍNIMA



## ÍNDICE

|                                                                                                            |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| SECCIÓN 1: DESCRIPCIÓN DEL EJEMPLO. TOMA DE DATOS.....                                                     | 16         |
| <b>A. DATOS GENERALES Y PROGRAMA FUNCIONAL.....</b>                                                        | <b>17</b>  |
| 1. Información general.....                                                                                | 18         |
| 2. Programa funcional.....                                                                                 | 19         |
| <b>B. ARQUITECTURA Y DEFINICIÓN GEOMÉTRICA .....</b>                                                       | <b>24</b>  |
| 1. Conceptos previos.....                                                                                  | 24         |
| 2. Planos: Situación y orientación. Plantas. Secciones. Alzados.....                                       | 24         |
| 3. Imagen. Volumetría.....                                                                                 | 34         |
| <b>C. DEFINICIÓN CONSTRUCTIVA .....</b>                                                                    | <b>35</b>  |
| 1. Composición de los cerramientos. Opacos y huecos.....                                                   | 35         |
| 2. Modelo de puentes térmicos empleados según catálogo DA DB-HE / 3 .....                                  | 41         |
| <b>D. SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO Y PREPARACIÓN DE ACS .....</b>                                         | <b>45</b>  |
| 1. Acondicionamiento de invierno .....                                                                     | 46         |
| 2. Acondicionamiento de verano .....                                                                       | 48         |
| 3. Producción de ACS .....                                                                                 | 49         |
| 4. Ventilación híbrida.....                                                                                | 50         |
| SECCIÓN 2. CUMPLIMIENTO DE LAS EXIGENCIAS .....                                                            | 52         |
| <b>HE1.CONDICIONES PARA EL CONTROL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA .....</b>                                      | <b>52</b>  |
| 1. Preparación de datos previos a la comprobación .....                                                    | 56         |
| 2. Condiciones de la envolvente térmica.....                                                               | 70         |
| 3. Limitación de descompensaciones .....                                                                   | 101        |
| 4. Limitación de condensaciones de la envolvente térmica .....                                             | 101        |
| 5. Comentarios .....                                                                                       | 103        |
| <b>HE2. CONDICIONES DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS .....</b>                                                | <b>104</b> |
| <b>HE3.CONDICIONES DE LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN .....</b>                                           | <b>106</b> |
| <b>HE4.CONTRIBUCIÓN MÍNIMA DE ENERGÍA RENOVABLE PARA CUBRIR LA DEMANDA DE AGUA CALIENTE SANITARIA.....</b> | <b>107</b> |
| 1. Preparación de datos previos a la comprobación .....                                                    | 107        |
| 2. Contribución renovable mínima para ACS y/o climatización de piscina.....                                | 108        |
| <b>HE5.GENERACIÓN MÍNIMA DE ENERGÍA ELÉCTRICA .....</b>                                                    | <b>111</b> |
| <b>HE0.LIMITACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO.....</b>                                                          | <b>112</b> |

|                                                                                                                                            |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 1. Preparación de datos previos a la comprobación .....                                                                                    | 112        |
| 2. Consumo de energía primaria no renovable.....                                                                                           | 112        |
| 3. Consumo de energía primaria total.....                                                                                                  | 112        |
| 4. Horas fuera de consigna.....                                                                                                            | 112        |
| 5. Resultados .....                                                                                                                        | 112        |
| <b>RESUMEN DE CUMPLIMIENTO DE CADA SECCIÓN .....</b>                                                                                       | <b>117</b> |
| 1. Tablas resumen de todos los requisitos. Comentarios .....                                                                               | 117        |
| A continuación, se reúnen por opciones y para cada exigencia el grado de cumplimiento de cada uno de sus requisitos y valores límite. .... |            |
| 117                                                                                                                                        |            |
| <b>SECCIÓN 3. AYUDAS.....</b>                                                                                                              | <b>121</b> |
| <b>1. INDICACIONES PARA EL LEVANTAMIENTO EN HULC.....</b>                                                                                  | <b>121</b> |
| 1. Datos generales, administrativos y previos.....                                                                                         | 121        |
| 2. Base de datos .....                                                                                                                     | 121        |
| 3. Construcción del modelo .....                                                                                                           | 121        |
| 4. Incorporación de sistemas.....                                                                                                          | 121        |
| 5. Comentarios sobre la simulación.....                                                                                                    | 121        |
| <b>2. CÁLCULO DE TRANSMITANCIAS .....</b>                                                                                                  | <b>131</b> |
| 1. Transmitancias de cerramientos en contacto con el exterior.....                                                                         | 131        |
| 2. Transmitancias de particiones interiores.....                                                                                           | 131        |
| <b>3. CÁLCULO DE CONDENSACIONES INTERSTICIALES.....</b>                                                                                    | <b>142</b> |
| 1. Datos previos.....                                                                                                                      | 142        |
| 2. Comprobación de la limitación de condensaciones intersticiales.....                                                                     | 142        |

## DESCRIP

## SECCIÓN 1: DESCRIPCIÓN DEL EJEMPLO. TOMA DE DATOS.

- A** Datos generales y programa funcional
- B** Arquitectura: Definición geométrica
- C** Definición constructiva
- D** Sistemas de acondicionamiento y ACS
- E** Indicaciones para el levantamiento en HULC

Como ya se ha dicho, este primer ejemplo de la guía, lo aprovecharemos para realizar un análisis y estudio pormenorizado de aquellos aspectos relacionados con la composición geométrica, volumetría y las posibles variantes en la definición de la envolvente térmica, que resultarían menos claros en un edificio de mayores dimensiones.

En cuanto a la geometría y composición espacial del edificio, partiremos de unas condiciones de entorno teóricas y que normalmente en un proyecto real, serán consecuencia de las propias características físicas del lugar, así como de las determinaciones urbanísticas establecidas en las ordenanzas municipales. Principalmente, estas determinaciones urbanísticas, regulan parámetros tales como la edificabilidad, retranqueos en parcela, altura de cornisa, altura de cumbrera, etc. Estas limitaciones se concretan en un área de movimiento de la planta sobre la parcela y un volumen capaz construible. Pues bien, en nuestro ejemplo 0, partiremos de un volumen capaz inicial, a partir del cual realizamos un estudio de algunas de las posibles configuraciones de las plantas y de usos de los espacios resultantes. Como veremos más adelante, estas variaciones afectarán principalmente a la aplicación de los indicadores de la exigencia HE1, que limita la demanda energética del edificio.

Otros parámetros (orientaciones, composición y características de huecos, soluciones constructivas de opacos, puentes térmicos, etc.) se definen al inicio y se mantienen constantes en las distintas variables de estudio, precisamente para centrarnos en el análisis de los principales parámetros que se modifican o son novedad en esta actualización del CTE DB HE de 2019. No obstante, en cada caso concreto, se harán los comentarios que procedan respecto a la necesidad de realizar los ajustes necesarios sobre ellos.

En el resto del documento, el objetivo es el estudio del cumplimiento de los diferentes indicadores, condiciones, valores límite y procedimientos en cada una de las exigencias, partiendo de las configuraciones resultantes del primer análisis volumétrico.

El edificio propuesto es una vivienda aislada de dimensiones reducidas, pero y sobre todo, lo que caracteriza este ejemplo es que tiene una geometría pretendidamente sencilla y regular. Sus características formales, constructivas y sistemas de acondicionamiento se describen en los correspondientes apartados. En cuanto a los valores utilizados en dimensiones y proporciones se ha procurado en lo posible, que resulten fáciles de recordar y que no requieran de constantes consultas de la planimetría. Se trata de que estas cuestiones referentes a geometría, número de plantas, de espacios, etc. no sean un obstáculo añadido en la consecución del objetivo final que no es otro que la comprensión

de los cálculos o desarrollos que se proponen. En este sentido, por ejemplo, se asigna un espesor constante a todos los cerramientos de fachada, forjados y cubierta de 0,50 m, adaptando todas las soluciones constructivas de cada elemento a este espesor. Aun así, partiendo de un modelo elemental, el cálculo implica una cierta complejidad derivada del número de elementos que intervienen y no tanto por su dificultad. Esta circunstancia, justifica la necesidad de utilizar programas de simulación que faciliten esta tarea en los proyectos e intervenciones ordinarias.

El edificio se plantea como se ha dicho, sobre un volumen capaz constante en todas las variantes y opciones de estudio, simétrico en los ejes del espacio x e y. Sobre esta volumetría constante, se plantea el estudio de tres variantes concretas y dentro de ellas diferentes configuraciones (en total 5 modelos de estudio). El análisis se realiza simultáneamente para las cinco configuraciones y nos va a permitir comprobar las diferentes opciones de aplicación del DB HE, principalmente en la exigencia HE1 de control sobre la demanda energética.

Simultáneamente al desarrollo del cálculo manual, se ha procedido al levantamiento de cada una de las opciones, en la HERRAMIENTA UNIFICADA LIDER CALENER (HULC<sup>1</sup>). En primer lugar, para poder comparar resultados y en segundo lugar, para servirnos de ella en los cálculos más complejos o directamente inabordables en una guía de estas características. Es el caso, por ejemplo, de los datos de consumo de energía primaria no renovable ( $C_{ep,nren}$ ) y primaria total ( $C_{ep,tot}$ ), sobre los que la sección HE0 limitación del consumo energético, establece unos valores límite.

Aunque no es el objetivo de esta guía, en un apartado específico del capítulo de AYUDAS, se darán algunas recomendaciones respecto al levantamiento en HULC de este edificio considerando sus características y particularidades. La intención, es que se pueda replicar la simulación en el programa y que los resultados sean similares (que no siempre exactos) y coherentes con los que aquí se exponen.

## DAT

### A. DATOS GENERALES Y PROGRAMA FUNCIONAL

1. Información general
2. Programa funcional

A continuación, se detallan los datos necesarios para realizar la comprobación del cumplimiento de las diferentes exigencias de cada sección. También son los esenciales para poder levantar con éxito, el modelo del edificio en la Herramienta Unificada Lider-Calener (HULC). En este sentido, la numeración de plantas se hace tal y como lo hará la aplicación en un procedimiento ordinario.

En algunas casillas se muestra la referencia de la fuente en la que se puede obtener el valor para el proyecto. Dicha referencia figura en cursiva bajo el enunciado.

<sup>1</sup> En el capítulo de Ayudas, se dedica un apartado completo a las recomendaciones y criterios generales de aplicación para el levantamiento del modelo en la HERRAMIENTA UNIFICADA LIDER-CALENER (HULC)

INFO  
GENERAL

## 1. Información general

En este apartado se especifican los datos de contexto del proyecto en lo que se refiere a su ubicación, tipo de proyecto, alcance de la intervención si procede, etc.

|                                     |                              |                        |                     |
|-------------------------------------|------------------------------|------------------------|---------------------|
| 1. Tipo de proyecto o intervención  | Edificio nuevo               | 2. Uso                 | Residencial privado |
| <i>HE 1. 1 ámbito de aplicación</i> |                              |                        |                     |
| 3. Localidad                        | Albarracín                   | 4. Altitud (m)         | 1200                |
| 5. Zona climática                   | E1                           | <i>Tabla a-Anejo B</i> |                     |
| 1. Tipo de edificio                 | Vivienda unifamiliar aislada |                        |                     |

Para este edificio, la consideración es de obra nueva y se ha situado en un clima sesgado de invierno, dentro de la zona climática E1. En concreto y de manera teórica, se localiza en la localidad de Albarracín, provincia de Teruel. La altitud de proyecto que se ha considerado es de 1200 m sobre el nivel del mar. Podría localizarse en algún emplazamiento de la sierra del entorno del núcleo urbano.

Se reitera una vez más que se trata de una localización virtual y que se pretende resolver una serie de configuraciones formales, dando respuesta a unas exigencias normativas para un clima concreto. En consecuencia, es muy probable que el proyecto no satisfaga otros aspectos sin duda importantes, como son la total coherencia formal con el entorno, la integración de las técnicas constructivas autóctonas, etc. Como se ha dicho, a la hora de componer el modelo, se han priorizado otros aspectos enfocados a una mejor comprensión de los procedimientos normativos.

En todo caso y para describir mejor el posible contexto geográfico en el que nos encontramos, se acompañan las siguientes imágenes:



## PROGR

## 2. Programa funcional

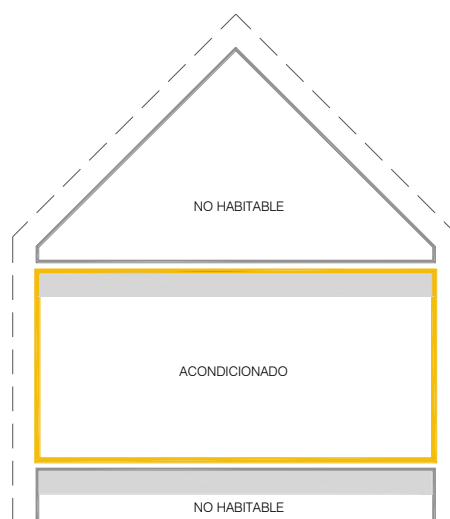
La vivienda se organiza en tres niveles:

- Un primer nivel bajo rasante, en el que se dispone una cámara sanitaria que evita el contacto de la planta baja con el terreno. Esta solución permanece constante en todas las variantes de estudio.
- Un segundo nivel que se corresponde con la planta baja y que alberga el programa principal de la vivienda y que se mantendrá constante en su distribución en todas las opciones (salvo la incorporación o no de la escalera de acceso al bajocubierta). Solamente se variará su altura libre dependiendo de la configuración del conjunto en cada caso.
- Por último, un tercer nivel que es la planta del bajocubierta. Esta planta se utilizará como comodín de las diferentes configuraciones, variando su altura, su área útil, su programa y la configuración de sus espacios. En realidad, estas variaciones, se obtienen simplemente desplazando el forjado que separa esta planta de la baja.

A continuación, se describe el programa de las tres opciones objeto de estudio y en el apartado siguiente, se acompaña la descripción gráfica de cada una de ellas.

## OPCIÓN 1

En la Opción 1, la disposición consiste en un espacio no habitable bajo rasante (cámara sanitaria), una planta baja habitable que recoge los espacios acondicionados y un espacio en el bajocubierta no habitable (NH). El esquema es el siguiente:



*Esquema gráfico de la configuración por plantas de la OPCIÓN 1*

Es el punto de partida del estudio y consiste en el aprovechamiento exclusivo como espacio habitable acondicionado el de la planta baja de la vivienda.

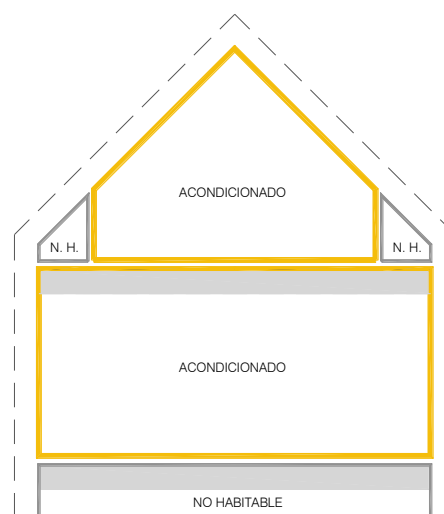
- PLANTA P01. La llamamos planta porque así aparecerá en el modelo de simulación de la Herramienta Unificada Líder-Calener (HULC). En realidad, se corresponde con el primer nivel constructivo y consistirá simplemente en una cámara sanitaria que separa el forjado de planta baja del terreno. Su huella interior a los cerramientos exteriores es de  $8\text{ m} \times 8\text{ m} = 64\text{ m}^2$  y su altura de suelo de cámara sanitaria a suelo terminado de planta baja es de 1 m.

- PLANTA P02. Esta es la planta principal el edificio y recoge en esta opción, todos sus espacios acondicionados. Su cota es la cota del terreno y su altura de planta (de suelo terminado de planta baja a suelo terminado de planta bajocubierta) de 4 m. Su programa es el siguiente:
  - Hall de entrada
  - Espacio comedor-cocina en continuidad con zona de estar
  - Circulaciones
  - Baño
  - Dormitorio principal
- PLANTA P03. Espacio bajocubierto, en esta opción, configurado como espacio único no habitable, sin programa. Aunque la solución de cubierta es mediante planos inclinados, en la tabla figura su "altura equivalente"<sup>2</sup> necesaria para el levantamiento en HULC.

## RESUMEN OPCIÓN 1

| Planta  | Tipos de espacio | Superficie No habitable de planta (m <sup>2</sup> ) | Superficie útil acondicionada de planta (m <sup>2</sup> ) | Altura de planta (m) | Altura equivalente de planta (m) | Volumen (m <sup>3</sup> ) |
|---------|------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------|----------------------------------|---------------------------|
| P01     | NO HABITABLE     | 64,00                                               | 0,00                                                      | 1,00                 |                                  | 64,00                     |
| P02     | ACONDICIONADO    |                                                     | 64,00                                                     | 4,00                 |                                  | 256,00                    |
| P03     | NO HABITABLE     | 64,00                                               | 0,00                                                      |                      | 2,33                             | 149,33                    |
| TOTALES |                  | 128,00                                              | 64,00                                                     |                      |                                  | 469,33                    |

## OPCIÓN 2



Esquema gráfico de la opción 2

En esta opción se mantiene el programa de las dos primeras plantas o niveles (cámara sanitaria y planta baja) y se incorpora el uso como espacio acondicionado de la parte del bajocubierto que supera el 1,5 m de altura libre. La superficie útil computable de esta planta sería el cuadrado de lado de 6 m, es decir,  $6\text{ m} \times 6\text{ m} = 36\text{ m}^2$ . En este caso y aplicando las condiciones mínimas de habitabilidad, el espacio real de dormitorio se consideraría el área con altura libre  $\geq 2,5\text{ m}$  y  $\geq 2,20\text{ m}$  en zona del baño (ver plantas y sección de la opción).

- PLANTA P01. Igual que en la opción 1. Cámara sanitaria bajo el forjado de planta baja.

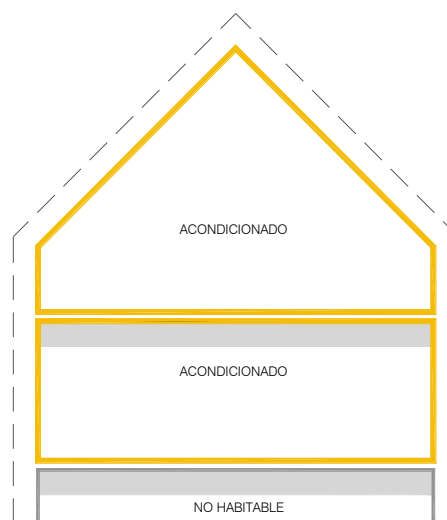
<sup>2</sup>Para los espacios bajocubierta inclinada como es nuestro caso, debemos indicar al programa una altura equivalente de un prisma recto de la misma base que nuestra planta y cuyo volumen sea el mismo que el que encierra el bajocubierto (incluidos los espesores de la cubierta). Ver gráficos para cada opción en el anexo de AYUDAS apartado de HULC.

- PLANTA P02. Igual que en la opción anterior. Se sitúa en la cota del terreno. Su programa es el siguiente:
  - Hall de entrada
  - Espacio comedor cocina en continuidad con zona de estar
  - Espacio de circulación
  - Baño
  - Dormitorio principal
  - Se añade la escalera de acceso a planta bajocubierta.
- PLANTA P03. Espacio bajocubierta que dispone de un dormitorio y un baño. La superficie útil computable de esta planta es de 36 m<sup>2</sup>.

## RESUMEN OPCIÓN 2

| Planta         | Tipos de espacio | Superficie No habitable de planta (m <sup>2</sup> ) | Superficie útil acondicionada de planta (m <sup>2</sup> ) | Altura de planta (m) | Altura equivalente de planta (m) | Volumen (m <sup>3</sup> ) |
|----------------|------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------|----------------------------------|---------------------------|
| P01            | NO HABITABLE     | 64,00                                               | 0,00                                                      | 1,00                 |                                  | 64,00                     |
| P02            | ACONDICIONADO    |                                                     | 64,00                                                     | 4,00                 |                                  | 256,00                    |
| P03            | ACONDIC-NO H.    | 28,00                                               | 36,00                                                     |                      | 2,33                             | 149,33                    |
| <b>TOTALES</b> |                  | <b>92,00</b>                                        | <b>100,00</b>                                             |                      |                                  | <b>469,33</b>             |

## OPCIÓN 3



Esquema gráfico de la opción 3

En esta opción, se mantiene el programa de las dos primeras plantas o niveles (cámara sanitaria y planta baja) y se incorpora el uso como espacio acondicionado de la planta completa del bajocubierta. Para poder disponer en toda la planta de una altura libre mínima de 1,5 m, se desplaza hacia abajo, el forjado de esta planta 1 m. La altura de planta baja (de suelo terminado de planta baja a suelo terminado de planta bajocubierta) pasa a ser de 3 m. La superficie útil computable la planta bajocubierta, sería el cuadrado correspondiente a la planta completa de lado 8m, es decir, 8 m x 8 m = 64 m<sup>2</sup>. En este caso y aplicando las condiciones de habitabilidad, el espacio real de dormitorios se consideraría el área con altura libre  $\geq 2,5$  m y  $\geq 2,20$  m en zona de baños y aseos.

- PLANTA P01. Igual que en la opción 1. Cámara sanitaria bajo el forjado de planta baja.

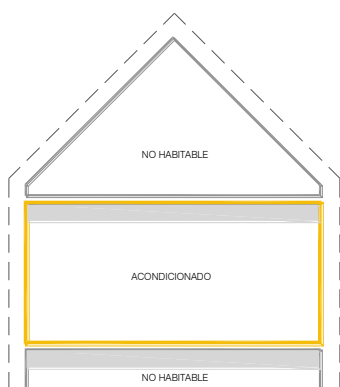
- PLANTA P02. Igual que en la opción anterior. Se sitúa en la cota del terreno. Su programa es el siguiente:
  - Hall de entrada
  - Espacio comedor cocina en continuidad con zona de estar
  - Espacio de circulación
  - Baño
  - Dormitorio principal
  - Escalera de acceso a planta bajocubierta.
- PLANTA P03. Espacio bajocubierta que dispone de dos dormitorios y dos baños, uno por dormitorio. La superficie útil computable de esta planta es de 64 m<sup>2</sup>.

## RESUMEN OPCIÓN 3

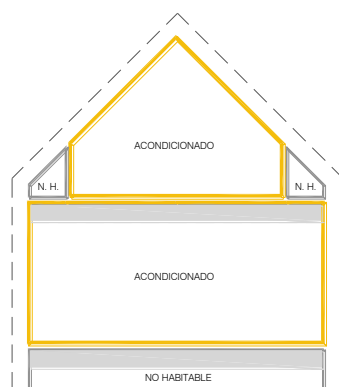
| Planta         | Tipos de espacio | Superficie No habitable de planta (m <sup>2</sup> ) | Superficie útil acondicionada de planta (m <sup>2</sup> ) | Altura de planta (m) | Altura equivalente de planta (m) | Volumen (m <sup>3</sup> ) |
|----------------|------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------|----------------------------------|---------------------------|
| P01            | NO HABITABLE     | 64,00                                               | 0,00                                                      | 1,00                 |                                  | 64,00                     |
| P02            | ACONDICIONADO    |                                                     | 64,00                                                     | 4,00                 |                                  | 256,00                    |
| P03            | ACONDICIONADO    |                                                     | 64,00                                                     |                      | 2,33                             | 149,33                    |
| <b>TOTALES</b> |                  | <b>64,00</b>                                        | <b>128,00</b>                                             |                      |                                  | <b>469,33</b>             |

Como resumen, se agrupan los esquemas de las tres variantes que se van a estudiar. En realidad, la principal modificación geométrica se produce en la opción 3 respecto a las otras dos y consiste en la posición del forjado que separa la planta baja del bajocubierta. No obstante, la diferente ocupación que se realiza del espacio bajocubierta, así como la definición que se haga de la envolvente térmica, tendrá repercusiones significativas a la hora de definir las condiciones de aplicación de distintas exigencias.

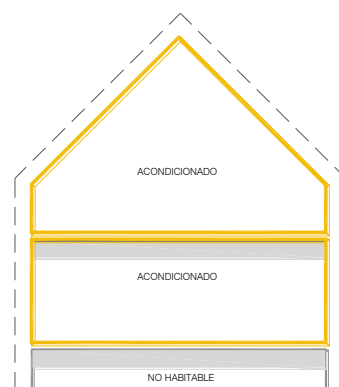
En los siguientes esquemas en planta y sección, se describe gráficamente cada una de las OPCIONES que se van a estudiar.



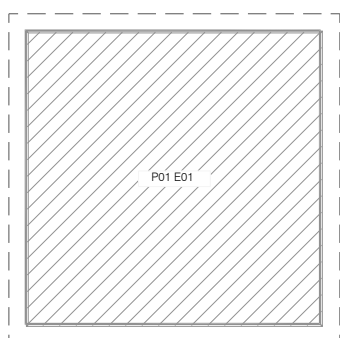
OPCIÓN 1



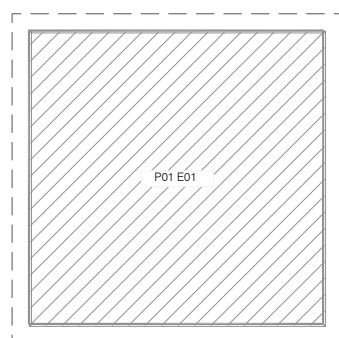
OPCIÓN 2



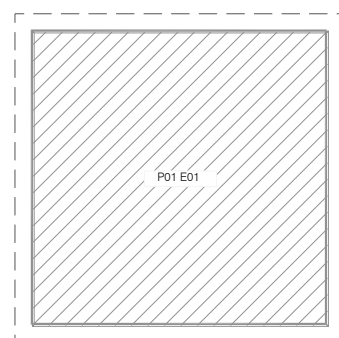
OPCIÓN 3



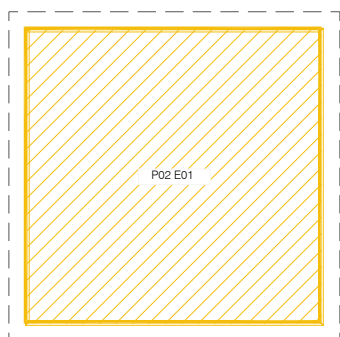
CÁMARA SANITARIA



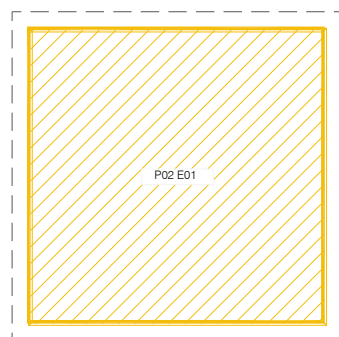
CÁMARA SANITARIA



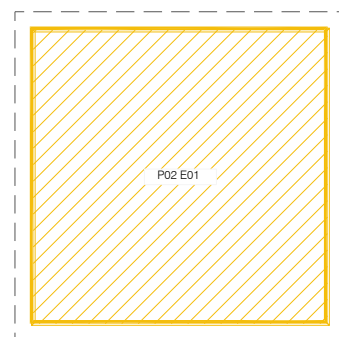
CÁMARA SANITARIA



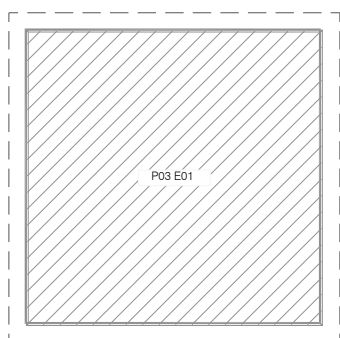
PLANTA BAJA



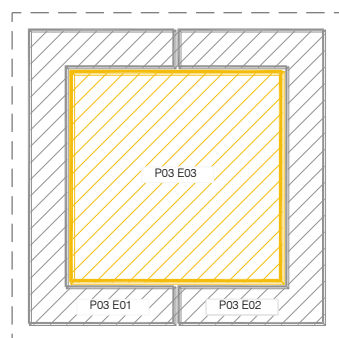
PLANTA BAJA



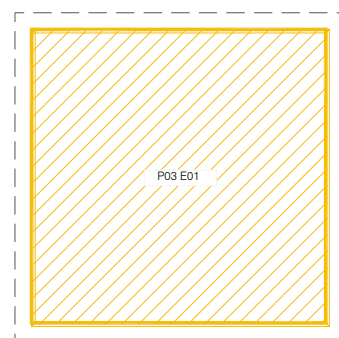
PLANTA BAJA



PLANTA BAJOCUBIERTA



PLANTA BAJOCUBIERTA



PLANTA BAJOCUBIERTA



NO HABITABLE



ACONDICIONADO



NO HABITABLE



ACONDICIONADO



NO HABITABLE



ACONDICIONADO

## ARQ

## B. ARQUITECTURA Y DEFINICIÓN GEOMÉTRICA

1. Conceptos previos
2. Planos: Situación y orientación. Plantas. Secciones. Alzados
3. Imágenes. Volumetría

## PREVIOS

1. Conceptos previos

Cómo se ha comentado anteriormente, se ha procurado que la geometría sea lo más sencilla posible, con medidas regulares y fáciles de recordar. La planta en sus dimensiones interiores es de 8 m x 8 m, la altura de los huecos en planta baja es constante de 2,20 m y se modulan en elementos de 1 metro de ancho. Las alturas de planta, que se miden de suelo terminado a suelo terminado de la planta siguiente, son siempre múltiplos de 0,5 metros, excepto la altura equivalente del bajocubierta por la razón que se ha explicado anteriormente. Los espesores tanto de muros exteriores como de forjados y cubiertas es siempre de 0,5 metros. Las diferentes soluciones constructivas se han adaptado a esta dimensión. En consecuencia, la altura libre de planta será la altura de planta menos 0,5 metros.

La razón de esta simplificación es intentar facilitar la comprensión de los cálculos de la geometría de plantas, volúmenes y cerramientos, con el fin de reducir al mínimo las consultas a la planimetría. Si bien, se puede producir una falta de correspondencia con soluciones típicas, tampoco son proporciones del todo inapropiadas y facilitarán el manejo de estas dimensiones en tablas y gráficos para las diferentes opciones de configuración que se proponen.

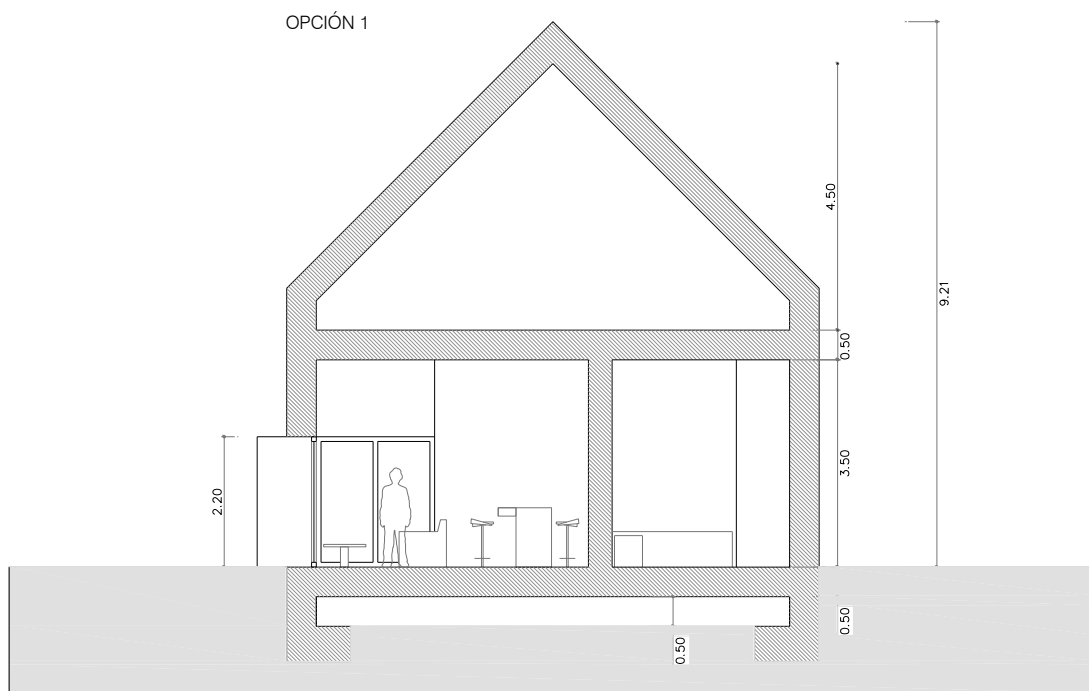
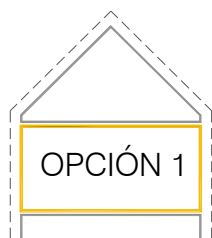
En cualquier caso, se describen a continuación gráficamente de manera detallada, cada una de las tres opciones.

## PLANOS

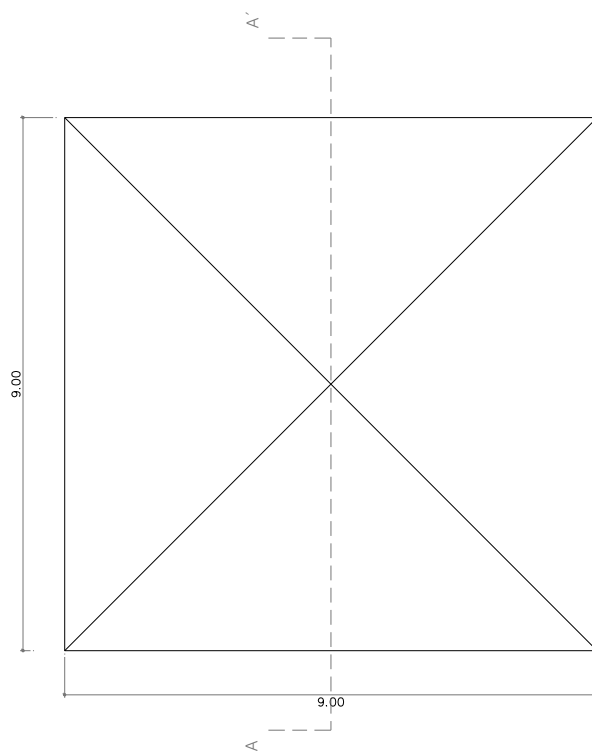
2. Planos: Situación y orientación. Plantas. Secciones. Alzados

La posición de la edificación en la parcela, al tratarse una construcción exenta, se expone en sus cuatro fachadas a las condiciones exteriores. Cada una de ellas está orientada de manera pura a norte, sur, este y oeste. El acceso a la vivienda se produce por la fachada oeste. La volumetría es limpia y como único "ornamento" se dispone en la fachada sur de una visera y costados de protección solar.

A partir de la página siguiente, se detalla la composición en planta, secciones y alzados de cada una de las 3 opciones que se analizan.

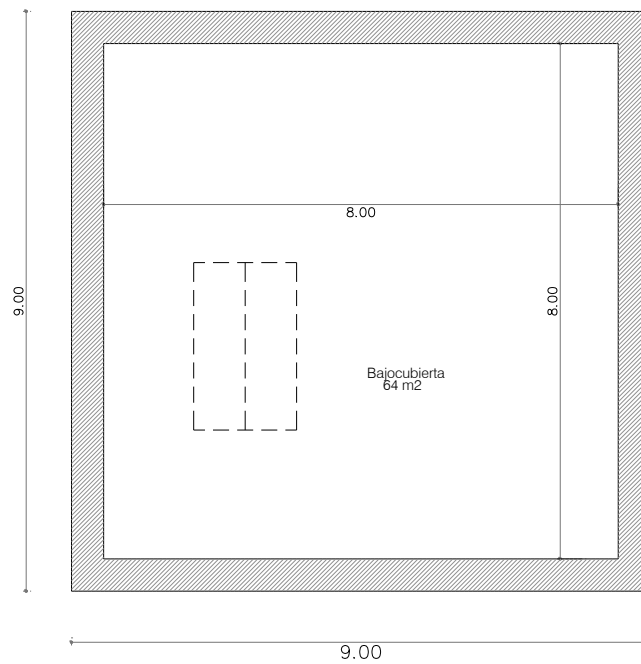


SECCIÓN A-A'

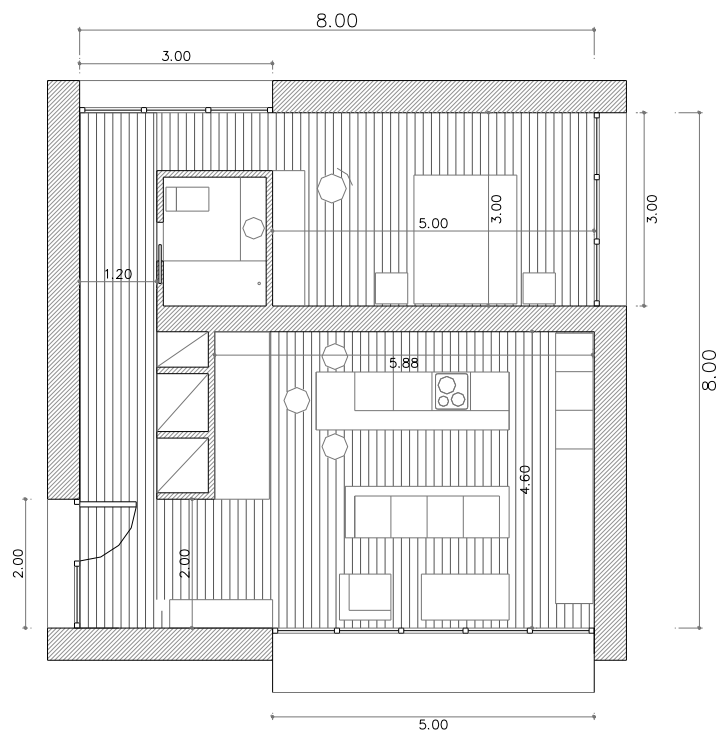


PLANTA CUBIERTA

Sección y planta de cubierta de la OPCIÓN 1.

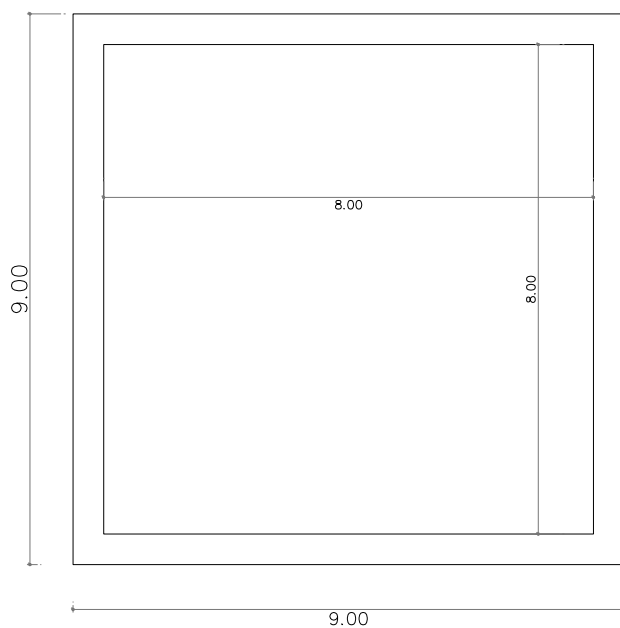


PLANTA BAJOCUBIERTA - Superficie útil interior a la envolvente 64 m²



PLANTA BAJA - Superficie útil interior a la envolvente 64 m²

P02. Planta baja y P03. Bajocubierta no habitable.

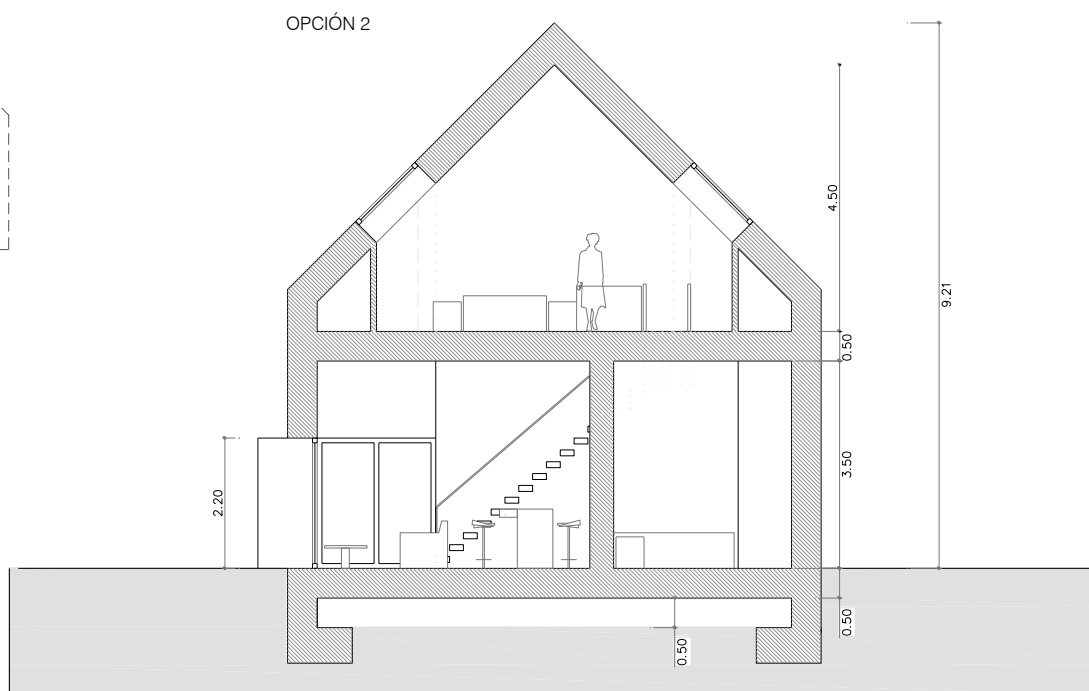


NIVEL CÁMARA SANITARIA - Superficie útil interior a la envolvente 64 m<sup>2</sup>

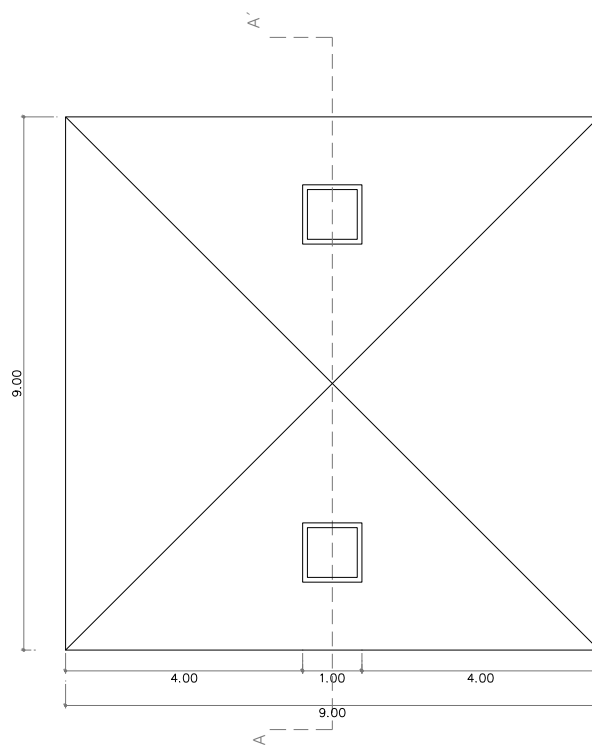
P01. Cámara sanitaria.



Alzados de la primera opción

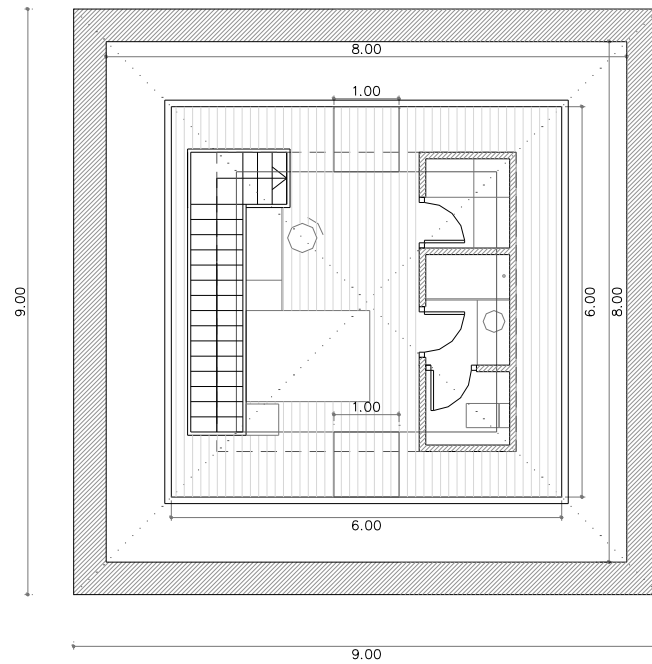


SECCIÓN A-A'

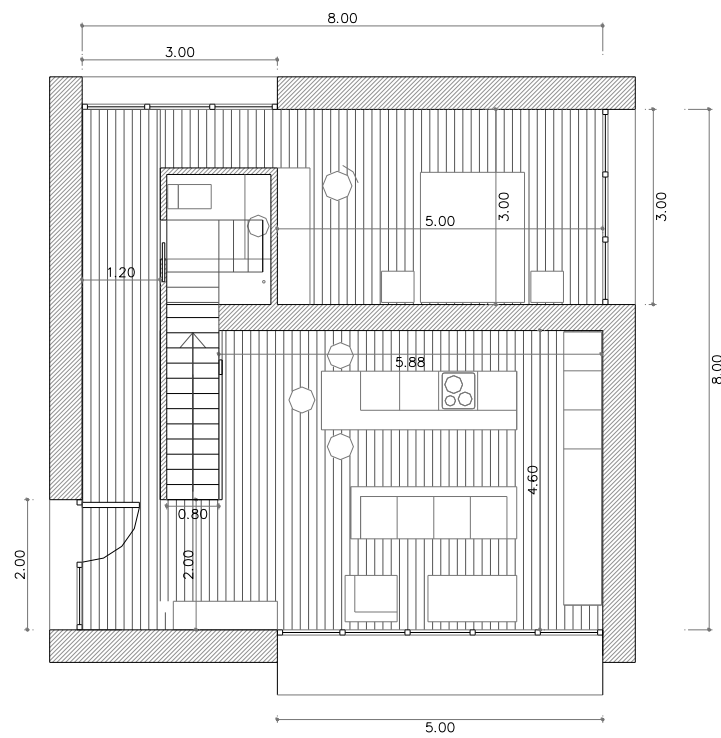


PLANTA CUBIERTA

Sección y planta de cubierta de la OPCIÓN 2.

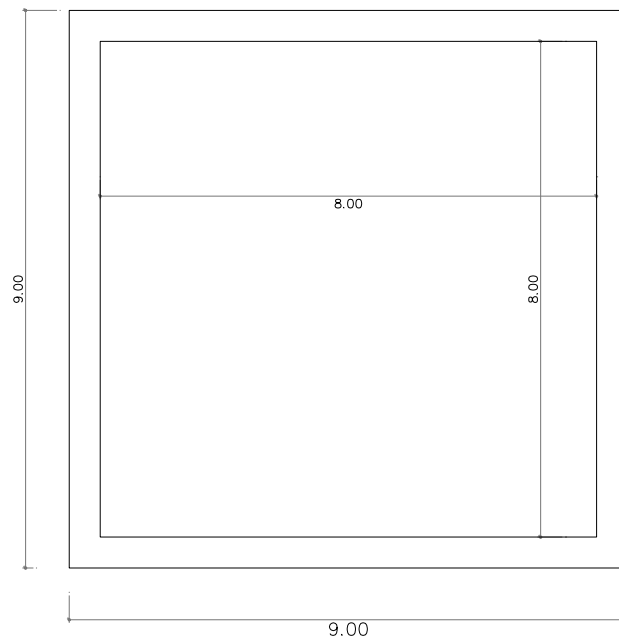


PLANTA BAJOCUBIERTA - Superficie útil interior a la envoltante 36 m<sup>2</sup>



PLANTA BAJA - Superficie útil interior a la envoltante 64 m<sup>2</sup>

P02. Planta baja y P03. Bajocubierta con ocupación parcial un dormitorio.

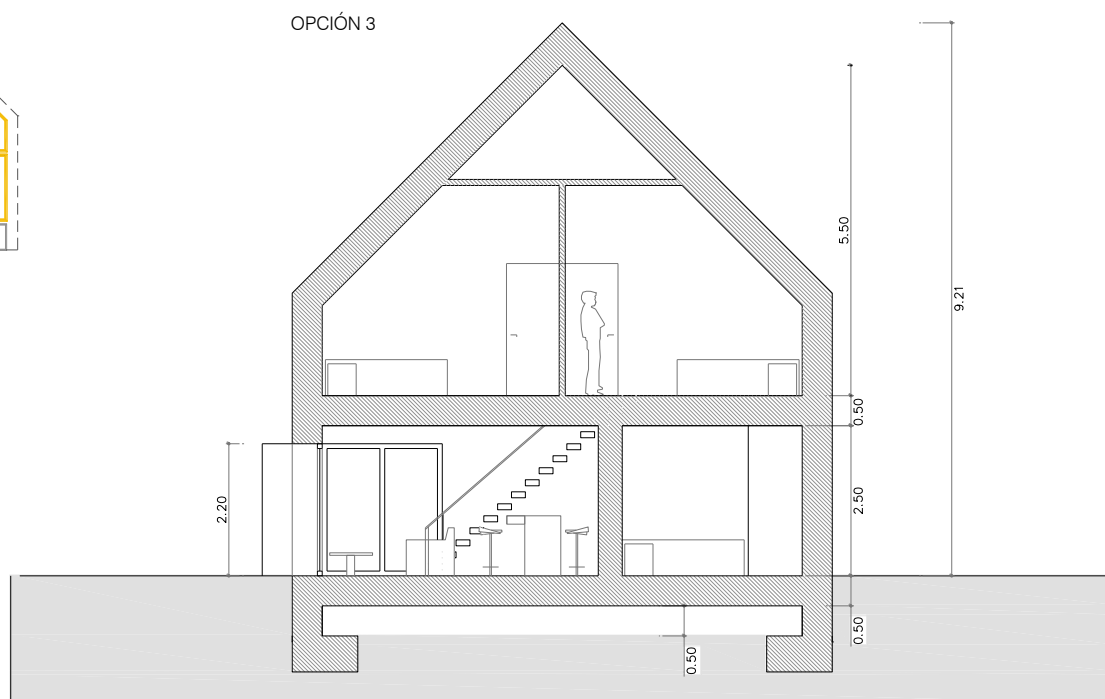


NIVEL CÁMARA SANITARIA - Superficie útil interior a la envolvente 64 m<sup>2</sup>

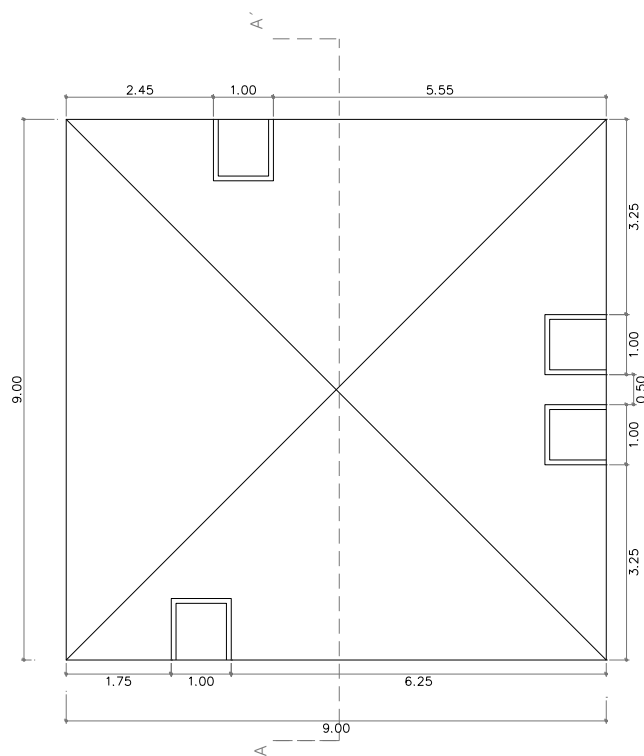
P01. Cámara sanitaria.



Alzados de la opción 2. Aparecen lucernarios en faldones de la cubierta

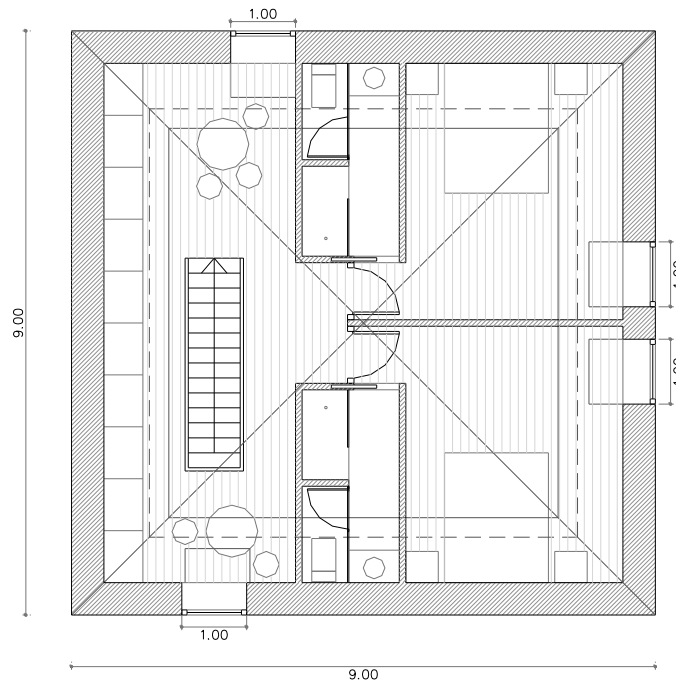
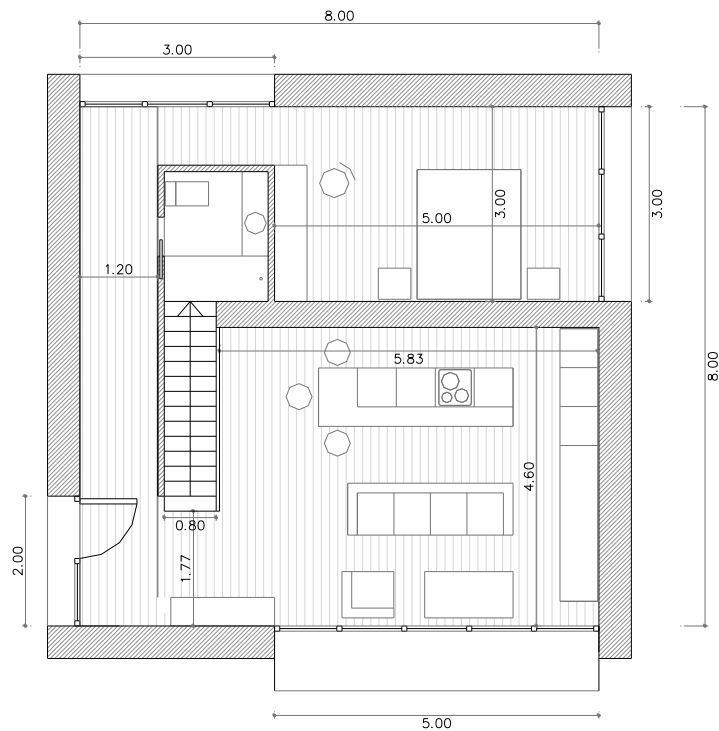


SECCIÓN A-A'

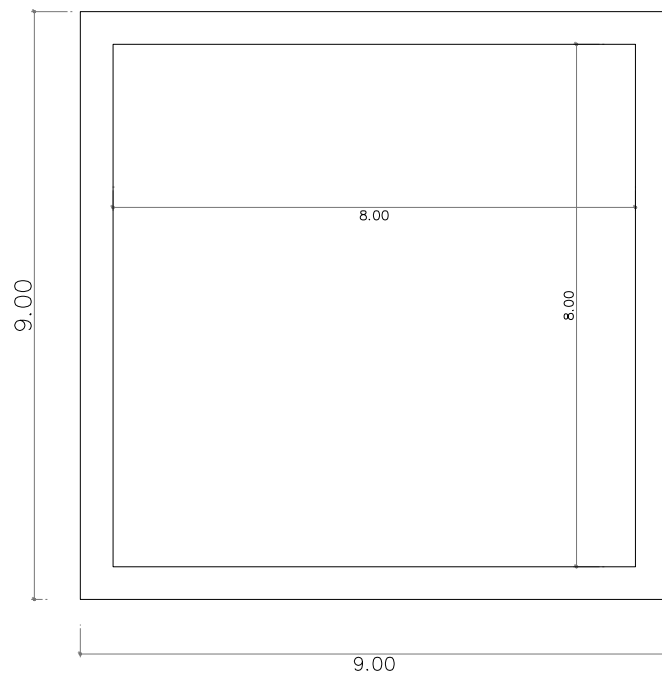


PLANTA CUBIERTA

Sección y planta de cubierta de la OPCIÓN 3.

PLANTA BAJOCUBIERTA - Superficie útil interior a la envolvente 64 m<sup>2</sup>PLANTA BAJA - Superficie útil interior a la envolvente 64 m<sup>2</sup>

P02. Planta baja y P03. Bajocubierta con ocupación completa 2 dormitorios.



NIVEL CÁMARA SANITARIA - Superficie útil interior a la envolvente 64 m<sup>2</sup>

P01. Cámara sanitaria.



Alzados de la opción 3. Aparecen lucernarios en faldones de la cubierta con balconera en el plano vertical

## IMAGEN

## 3. Imagen. Volumetría



## CONST

## C. DEFINICIÓN CONSTRUCTIVA

1. Composición de los cerramientos. Opacos y huecos
2. Modelo de puentes térmicos empleados según catálogo DA DB-HE / 3

En los siguientes apartados se describen y caracterizan todos los cerramientos que componen la envolvente y particiones del edificio. Así mismo, se ordenan las soluciones asimilables a las empleadas en los diferentes puentes térmicos del edificio, de acuerdo con la clasificación que se establece en el documento de ayuda *DA DB-HE / 3 Puentes térmicos*. Nuevamente indicar, que esta relación de soluciones constructivas es la misma que se empleará en el levantamiento del modelo con la Herramienta Unificada Lider-Calener.

## CERR

1. Composición de los cerramientos. Opacos y huecos

Constructivamente, la vivienda se organiza mediante muros de carga estructural, cuya parte resistente está formada por el aparejo de fábrica de ladrillo de un pie de espesor. El acabado exterior consiste en sistema de aislamiento térmico por el exterior (SATE). Está compuesto de una hoja de EPS y el correspondiente acabado de mortero. El trasdosado interior se compone mediante perfilera metálica y doble hoja de placa de yeso laminado. La cámara de aire que forma el trasdosado es de 5 cm. La cubierta es de planos inclinados, a cuatro aguas y cobertura de teja curva tradicional.

El procedimiento de cálculo detallado de las transmitancias de cada cerramiento se puede consultar en el *DA DB-HE / 1 Cálculo de parámetros característicos de la envolvente*. Las transmitancias reflejadas incluyen las resistencias superficiales del aire ( $R_{se}$  y  $R_{si}$ ). En la sección de ayudas de este documento se aplica dicho cálculo para varios cerramientos del edificio.

El resumen de los parámetros y detalles referidos a las soluciones constructivas empleadas en el edificio, incluidos sus puentes térmicos, se describen en los siguientes cuadros.

## Cerramientos opacos

## MURO EXTERIOR

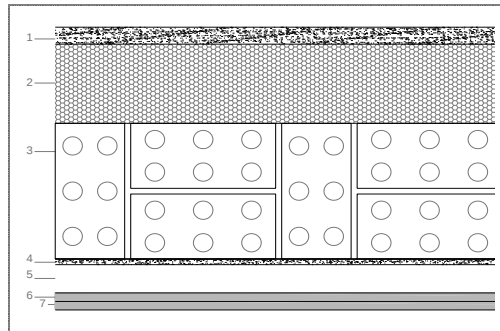
M EXT

## COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO

| capas                                  | espesor (m)  | Cond. $\lambda$ (W/m·K) |
|----------------------------------------|--------------|-------------------------|
| 1 Mortero de cemento                   | 0,03         | 0,550                   |
| 2 EPS Poliestireno                     | 0,14         | 0,038                   |
| 3 1 pie LP métrico o catalán           | 0,24         | 0,667                   |
| 4 Mortero de cemento                   | 0,01         | 0,550                   |
| 5 Cámara de aire sin ventilar vertical | 0,05         | 0,18                    |
| 6 Placa de yeso laminado               | 0,015        | 0,250                   |
| 7 Placa de yeso laminado               | 0,015        | 0,250                   |
| <b>Total</b>                           | <b>0,500</b> |                         |

TRANSMITANCIA 0,22 W/m<sup>2</sup>K

## SECCIÓN CONSTRUCTIVA



## MURO DE CÁMARA SANITARIA

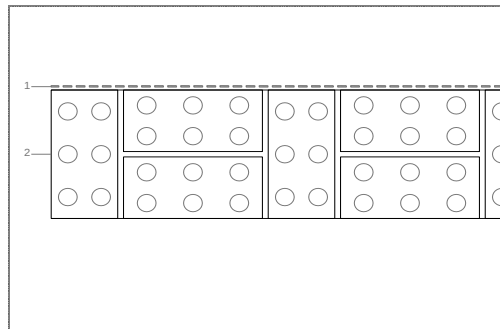
MURO CAM SANIT

## COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO

| capas                        | espesor (m)  | Cond. $\lambda$ (W/m·K) |
|------------------------------|--------------|-------------------------|
| 1 Betún fieltro o lámina     | 0,009        | 0,23                    |
| 2 1 pie LP métrico o catalán | 0,24         | 0,667                   |
| <b>Total</b>                 | <b>0,249</b> |                         |

TRANSMITANCIA\* 1,76 W/M2k

## SECCIÓN CONSTRUCTIVA



\* Sin corregir por contacto

## TABIQUE INTERIOR

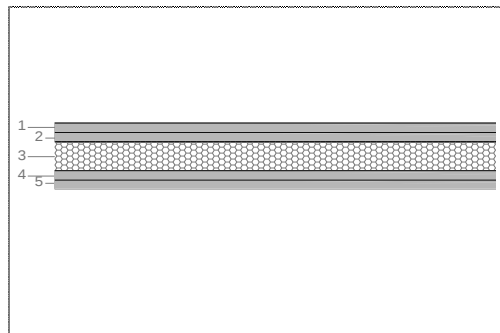
TAB INT

## COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO

| capas                    | espesor (m)  | Cond. $\lambda$ (W/m·K) |
|--------------------------|--------------|-------------------------|
| 1 Placa de yeso laminado | 0,013        | 0,250                   |
| 2 Placa de yeso laminado | 0,013        | 0,250                   |
| 3 MW Lana mineral        | 0,04         | 0,041                   |
| 4 Placa de yeso laminado | 0,013        | 0,250                   |
| 5 Placa de yeso laminado | 0,013        | 0,250                   |
| <b>Total</b>             | <b>0,092</b> |                         |

TRANSMITANCIA\* 0,46 W/m<sup>2</sup>K

## SECCIÓN CONSTRUCTIVA



\* Corregida por contacto con N.H. (ver anexo de cálculo)

## FORJADO INTERIOR ENTRE PLANTAS (ACOND-ACOND)

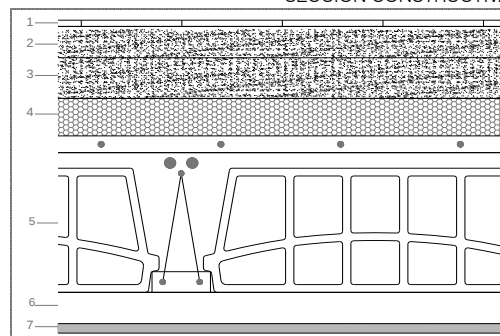
FOR INT

## COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO

| capas                                    | espesor (m)  | Cond. $\lambda$ (W/m·K) |
|------------------------------------------|--------------|-------------------------|
| 1 Plaqueta de gres                       | 0,01         | 2,300                   |
| 2 Mortero de cemento                     | 0,05         | 0,550                   |
| 3 Mortero de cemento de difusión         | 0,065        | 0,550                   |
| 4 XPS Expandido                          | 0,06         | 0,034                   |
| 5 FU entrevigado cerámico                | 0,25         | 0,908                   |
| 6 Cámara de aire sin ventilar horizontal | 0,05         | 0,160                   |
| 7 Placa de yeso laminado                 | 0,015        | 0,250                   |
| <b>Total</b>                             | <b>0,500</b> |                         |

TRANSMITANCIA\* 0,37 W/m<sup>2</sup>K

## SECCIÓN CONSTRUCTIVA



\* Sin corregir por contacto

## FORJADO INTERIOR ENTRE PLANTAS (ACOND-NO HAB) \*

FOR INT AC-NH

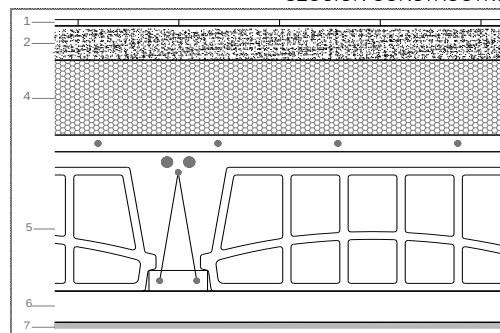
Forjado entre espacio acondicionado y no habitable (opción 1 y parcialmente opción 2)

## COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO

| capas                                      | espesor (m)  | Cond. $\lambda$ (W/m·K) |
|--------------------------------------------|--------------|-------------------------|
| 1 Plaqueta de gres                         | 0,01         | 2,300                   |
| 2 Mortero de cemento                       | 0,055        | 0,550                   |
| 3 XPS Expandido ( $\lambda$ :0,034 (W/m·K) | 0,12         | 0,034                   |
| 4 FU entrevigado cerámico                  | 0,25         | 0,908                   |
| 5 Cámara de aire sin ventilar horizontal   | 0,05         | 0,160                   |
| 6 Placa de yeso laminado                   | 0,015        | 0,250                   |
| <b>Total</b>                               | <b>0,500</b> |                         |

TRANSMITANCIA \* 0,16 W/m<sup>2</sup>K  
\*\* 0,17 W/m<sup>2</sup>K

## SECCIÓN CONSTRUCTIVA



\* Corregida por contacto con N.H. en toda la planta (ver anexo de cálculo)

\*\* Corregida por contacto parcial con N.H. en una parte de la planta (ver anexo de cálculo)

## FORJADO CON CÁMARA SANITARIA

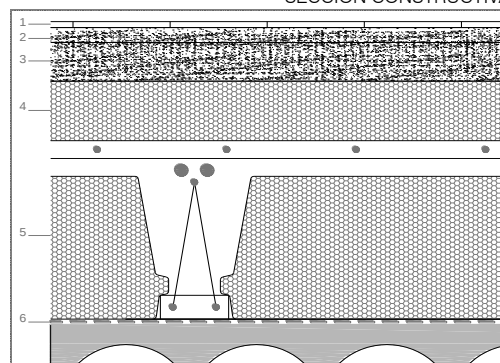
FOR CAM SANIT

## COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO

| capas                                   | espesor (m)  | Cond. $\lambda$ (W/m·K) |
|-----------------------------------------|--------------|-------------------------|
| 1 Plaqueta de gres                      | 0,01         | 2,300                   |
| 2 Mortero de cemento                    | 0,025        | 0,550                   |
| 3 Mortero de cemento de difusión        | 0,06         | 0,550                   |
| 4 XPS Expandido                         | 0,1          | 0,034                   |
| 5 Forjado Entrevigado EPS mecanizado    | 0,3          | 0,256                   |
| 6 Lámina de cloruro de polivinilo (PVC) | 0,005        | 0,170                   |
| <b>Total</b>                            | <b>0,500</b> |                         |

TRANSMITANCIA\* 0,21 W/m<sup>2</sup>K

## SECCIÓN CONSTRUCTIVA



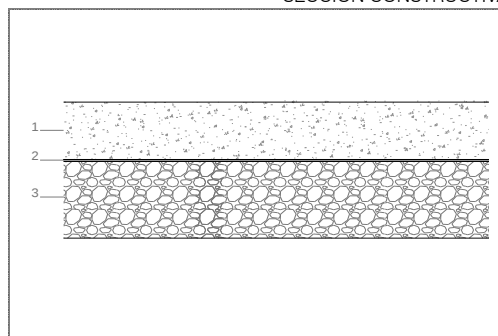
## SOLERA DE CÁMARA SANITARIA

SOL CAM SANIT

## COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO

| capas              | espesor (m)  | Cond. $\lambda$ (W/m·K) |
|--------------------|--------------|-------------------------|
| 1 Hormigón en masa | 0,08         | 1,650                   |
| 2 Lámina PVC       | 0,003        | 0,170                   |
| 3 Arena y grava    | 0,12         | 2,000                   |
| <b>Total</b>       | <b>0,203</b> |                         |

## SECCIÓN CONSTRUCTIVA



TRANSMITANCIA 2,98 W/m²K

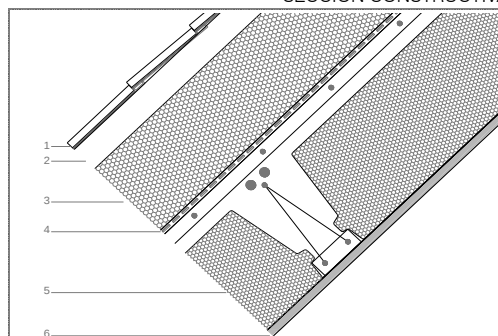
## CUBIERTA INCLINADA DE TEJA

CUB IN TEJA

## COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO

| capas                                  | espesor (m)  | Cond. $\lambda$ (W/m·K) |
|----------------------------------------|--------------|-------------------------|
| 1 Teja de arcilla cocida               | 0,015        | 1,000                   |
| 2 Cámara aire ventilada, flujo ascend. | 0,05         | 0,060                   |
| 3 XPS Expandido                        | 0,16         | 0,034                   |
| 4 Betún fieltro o lámina               | 0,01         | 0,230                   |
| 5 Forjado Entrevigado EPS mecanizado   | 0,25         | 0,266                   |
| 6 Placa de yeso laminado               | 0,015        | 0,250                   |
| <b>Total</b>                           | <b>0,500</b> |                         |

## SECCIÓN CONSTRUCTIVA



TRANSMITANCIA 0,17 W/m²K

## Huecos

## CONFIGURACIÓN HUECOS EN FACHADA NORTE Y ESTE

N/E

La posición relativa de las carpinterías en el muro es alineada a su cara interior

## VIDRIO

|                       |                           |
|-----------------------|---------------------------|
| Tipo de vidrio        | Doble bajo emisivo < 0,03 |
| Composición           | 4-16 Argón-4              |
| Factor solar          | 0,61                      |
| Transmitancia térmica | 1,0 W/m²K                 |

## MARCO

|                      |                |
|----------------------|----------------|
| Material             | PVC            |
| Rotura pte. térmico  | -              |
| Color carpintería    | Blanco claro   |
| Absortividad         | 0,3            |
| Trasmirancia térmica | 1,5 W/m²K      |
| Porcentaje marco     | 25 % del hueco |

## Protecciones móviles

|           |                      |
|-----------|----------------------|
| Elemento  | Persianas exteriores |
| Color     | Blanco medio         |
| ggl;sh,wi | 0,05                 |

|                          |                    |
|--------------------------|--------------------|
| Permeabilidad al aire    | 9 m³/h·m²          |
|                          | Clase 3            |
| <b>U<sub>HUECO</sub></b> | <b>0,76 W/m²·K</b> |

## CONFIGURACIÓN HUECOS EN FACHADA SUR Y OESTE

S/O

La posición relativa de las carpinterías en el muro es alineada a su cara interior

## VIDRIO

## MARCO

|                       |                           |
|-----------------------|---------------------------|
| Tipo de vidrio        | Doble bajo emisivo < 0,03 |
| Composición           | 4-16 Argón-4              |
| Factor solar          | 0,42                      |
| Transmitancia térmica | 1,0 W/m <sup>2</sup> K    |

|                      |                        |
|----------------------|------------------------|
| Material             | PVC                    |
| Rotura pte. térmico  | -                      |
| Color carpintería    | Blanco claro           |
| Absortividad         | 0,3                    |
| Trasmirancia térmica | 1,5 W/m <sup>2</sup> K |
| Porcentaje marco     | 25 % del hueco         |

Protecciones móviles

|           |                      |
|-----------|----------------------|
| Elemento  | Persianas exteriores |
| Color     | Blanco medio         |
| ggl;sh,wi | 0,05                 |

Permeabilidad al aire 9 m<sup>3</sup>/h·m<sup>2</sup>

Clase 3

**U<sub>HUECO</sub>** 0,76 W/m<sup>2</sup>·K

## CONFIGURACIÓN HUECO PUERTA ACCESO

PTA

La posición relativa de las carpintería en el muro es alineada a su cara interior

## VIDRIO

## MARCO

|                       |                      |
|-----------------------|----------------------|
| Tipo de vidrio        | -                    |
| Composición           | -                    |
| Factor solar          | -                    |
| Transmitancia térmica | - W/m <sup>2</sup> K |

|                      |                            |
|----------------------|----------------------------|
| Material             | Madera densidad media alta |
| Rotura pte. térmico  | -                          |
| Color carpintería    | Blanco claro               |
| Absortividad         | 0,3                        |
| Trasmirancia térmica | 2,2 W/m <sup>2</sup> K     |
| Porcentaje marco     | 100 % del hueco            |

Protecciones móviles

|           |                      |
|-----------|----------------------|
| Elemento  | Persianas exteriores |
| Color     | Blanco medio         |
| ggl;sh,wi | 0,05                 |

Permeabilidad al aire 60 m<sup>3</sup>/h·m<sup>2</sup>**U<sub>HUECO</sub>** 2,2 W/m<sup>2</sup>·K

## CONFIGURACIÓN LUCERNARIOS SUR Y ESTE

S/E

La posición relativa de las carpinterías en el muro es alineada a su cara exterior

## VIDRIO

## MARCO

|                       |                           |
|-----------------------|---------------------------|
| Tipo de vidrio        | Doble bajo emisivo < 0,03 |
| Composición           | 4-16 Argón-4              |
| Factor solar          | 0,42                      |
| Transmitancia térmica | 1,0 W/m <sup>2</sup> K    |

|                      |                            |
|----------------------|----------------------------|
| Material             | Madera densidad media alta |
| Rotura pte. térmico  | -                          |
| Color carpintería    | Blanco claro               |
| Absortividad         | 0,3                        |
| Trasmirancia térmica | 2,4 W/m <sup>2</sup> K     |
| Porcentaje marco     | 20 % del hueco             |

Protecciones móviles

|           |                      |
|-----------|----------------------|
| Elemento  | Persianas exteriores |
| Color     | Blanco medio         |
| ggl;sh,wi | 0,05                 |

Permeabilidad al aire 9 m<sup>3</sup>/h·m<sup>2</sup>

Clase 3

**U<sub>HUECO</sub>** 0,89 W/m<sup>2</sup>·K

## CONFIGURACIÓN LUCERNARIOS NORTE

N

La posición relativa de las carpinterías en el muro es alineada a su cara exterior

## VIDRIO

|                       |                           |
|-----------------------|---------------------------|
| Tipo de vidrio        | Doble bajo emisivo < 0,03 |
| Composición           | 4-16 Argón-4              |
| Factor solar          | 0,61                      |
| Transmitancia térmica | 1,0 W/m <sup>2</sup> K    |

## Protecciones móviles

|           |                      |
|-----------|----------------------|
| Elemento  | Persianas exteriores |
| Color     | Blanco medio         |
| ggl;sh,wi | 0,05                 |

## MARCO

|                      |                            |
|----------------------|----------------------------|
| Material             | Madera densidad media alta |
| Rotura pte. térmico  | -                          |
| Color carpintería    | Blanco claro               |
| Absortividad         | 0,3                        |
| Trasmirancia térmica | 2,4 W/m <sup>2</sup> K     |
| Porcentaje marco     | 20 % del hueco             |

|                          |                                                      |
|--------------------------|------------------------------------------------------|
| Permeabilidad al aire    | 9 m <sup>3</sup> /h·m <sup>2</sup><br><i>Clase 3</i> |
| <b>U<sub>HUECO</sub></b> | <b>0,89 W/m<sup>2</sup>·K</b>                        |

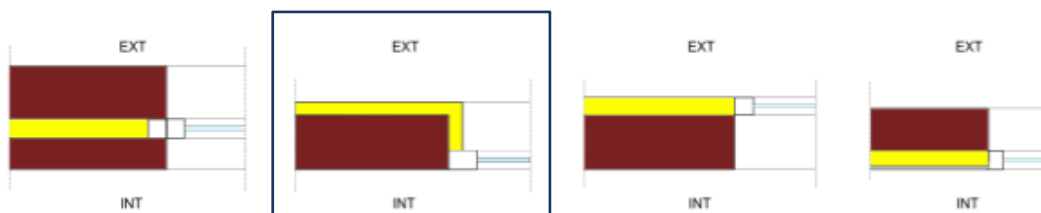
## PTES

2. Modelo de puentes térmicos empleados según catálogo DA DB-HE / 3

## JAMBAS EN HUECOS DE FACHADA

CON CONTINUIDAD ENTRE AISLAMIENTO DE FACHADA Y LA CARPINTERÍA (Grupo 1)

TABLA ASIMILABLE DA DB-HE/3



TRANSIMTANCIA TÉRMICA LINEAL

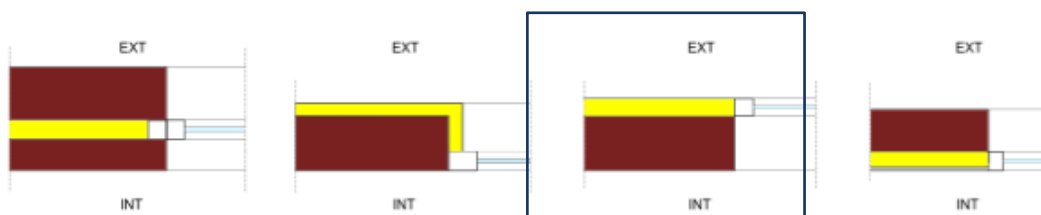
$\Psi$

0,03 W/mK

## JAMBAS EN LUCERNARIOS CUBIERTA

CON CONTINUIDAD ENTRE AISLAMIENTO DE FACHADA Y LA CARPINTERÍA (Grupo1)

TABLA ASIMILABLE DA DB-HE/3



TRANSIMTANCIA TÉRMICA LINEAL

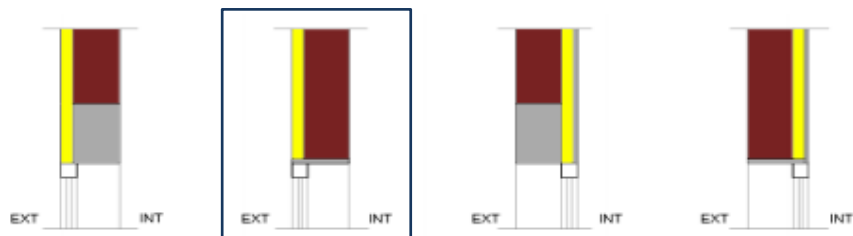
$\Psi$

0,03 W/mK

**DINTELES EN LUCERNARIOS DE CUBIERTA**

CON CONTINUIDAD ENTRE AISLAMIENTO DE FACHADA Y LA CARPINTERÍA (Grupo 1)

TABLA ASIMILABLE DA DB-HE/3



TRANSIMTANCIA TÉRMICA LINEAL

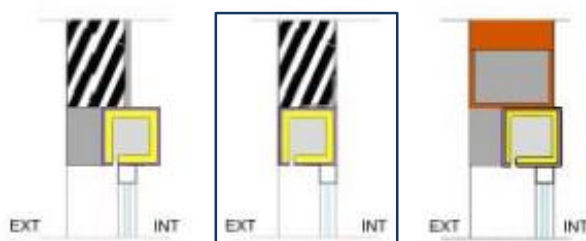
 $\Psi$ 

0,02 W/mK

**DINTELES Y CAPIALZADOS EN HUECOS DE FACHADA**

Capialzados de PVC o madera con aislamiento (Grupo 1)

TABLA ASIMILABLE DA DB-HE/3



TRANSIMTANCIA TÉRMICA LINEAL

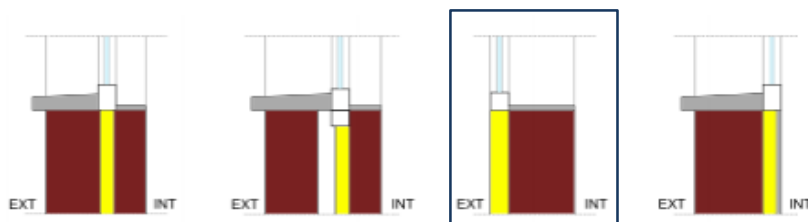
 $\Psi$ 

0,22 W/mK

**ALFÉIZARES EN LUCERNARIOS DE CUBIERTA**

CON CONTINUIDAD ENTRE AISLAMIENTO DE FACHADA Y LA CARPINTERÍA (GRUPO 1)

TABLA ASIMILABLE DA DB-HE/3



TRANSIMTANCIA TÉRMICA LINEAL

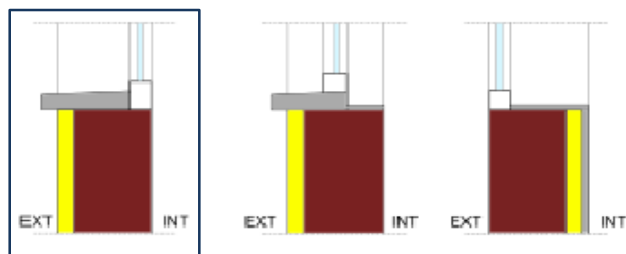
 $\Psi$ 

0,08 W/mK

**ALFÉIZARES EN HUECOS DE FACHADA**

SIN CONTINUIDAD ENTRE AISLAMIENTO DE FACHADA Y LA CARPINTERÍA (GRUPO 3)

TABLA ASIMILABLE DA DB-HE/3



TRANSIMTANCIA TÉRMICA LINEAL

 $\psi$ 

0,51 W/mK

**FRENTES DE FORJADO**

CON CONTINUIDAD DEL AISLAMIENTO DE FACHADA (GRUPO 1)

TABLA ASIMILABLE DA DB-HE/3



TRANSIMTANCIA TÉRMICA LINEAL

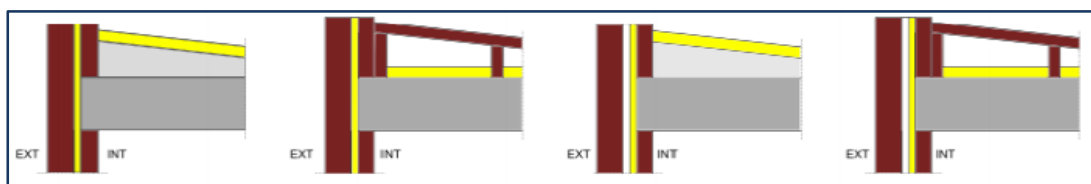
 $\psi$ 

0,1 W/mK

**CUBIERTAS INCLINADA**

CON CONTINUIDAD ENTRE EL AISLAMIENTO DE FACHADA Y EL DE CUBIERTA (GRUPO 1)

TABLA ASIMILABLE DA DB-HE/3



TRANSIMTANCIA TÉRMICA LINEAL

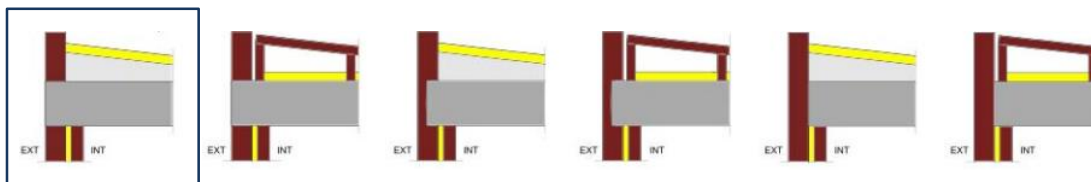
 $\psi$ 

0,23 W/mK

**8CUBIERTAS INCLINADA (interrupción de cubierta con partición interior)**

SIN CONTINUIDAD ENTRE EL AISLAMIENTO DE FACHADA Y EL DE CUBIERTA (GRUPO 2)

TABLA ASIMILABLE DA DB-HE/3



TRANSIMTANCIA TÉRMICA LINEAL

 $\Psi$ 

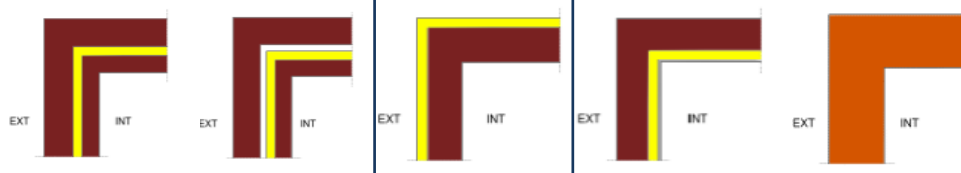
0,84 W/mK

**ESQUINAS**

SALIENTES (AL EXTERIOR) (Grupo 1)

TABLA ASIMILABLE DA DB-HE/3

Esquinas salientes



TRANSIMTANCIA TÉRMICA LINEAL

 $\Psi_e$ 

0,05 W/mK

## SIST

## D. SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO Y PREPARACIÓN DE ACS

1. Acondicionamiento de invierno
2. Acondicionamiento de verano
3. Producción de ACS
4. Ventilación híbrida

Atendiendo a las consideraciones climáticas de la zona en las que teóricamente se encuentra la vivienda, así como a las opciones más adecuadas en cuanto a las fuentes de energía final a utilizar, se proponen los sistemas que se describen a continuación.

Se ha previsto un sistema mixto de calefacción-ACS con el equipo de producción compartido. Dicha producción de energía térmica se realiza mediante una caldera de biomasa que pueda atender a ambos servicios. Se ha considerado esta opción, porque si en algún contexto está justificada la elección de este tipo de calderas, sería en este entorno rural donde esta tecnología ya se encuentra muy extendida tanto en forma de calderas como de “estufas” de combustión de biomasa. Estas últimas, se utilizan habitualmente como complemento de otros sistemas de calefacción en los espacios y periodos de mayor demanda.

La distribución de energía térmica a los espacios, para el sistema de calefacción, se realiza mediante circuitos (ida – retorno) de agua a baja temperatura (orientativamente temperaturas de retorno inferiores a 50°C). En consecuencia, las unidades terminales más apropiadas al sistema de producción y distribución previsto son las superficies radiantes. En este caso, se ha optado por una solución de suelo radiante.

El sistema de ACS dispone de un acumulador de 100 l (150 l en alguna de las opciones de mayor demanda) donde se prepara a la temperatura de servicio (en este caso 60°C) mediante intercambiador alimentado desde la caldera de biomasa.

En principio, considerando las condiciones climáticas de la zona E1 en la que se ubica el edificio, no se ha previsto un sistema activo de refrigeración. En todo caso, las demandas y consumos de este servicio se evaluarán, pues es un dato que HULC facilita al cubrirlo mediante los sistemas de sustitución que aplica el programa.

Por último, se incorpora un sistema de ventilación híbrido, que cumple con las características que se recogen en el documento básico de salubridad HS 3 “Calidad del aire interior”. Aplicando dicha exigencia, se realizan las admisiones naturales a través de aireadores situados en las carpinterías de los huecos de los “locales secos”, es decir, dormitorios, salones y zonas de estar. Las extracciones se realizan de forma mecánica desde los cuartos húmedos de la vivienda, es decir, cocinas, baños y aseos. No se han previsto en principio recuperadores de calor para el sistema.

El número de extractores previsto responde a la disposición de los cuartos húmedos realizándose de manera individual en algunos casos y agrupada cuando es posible.

## CALOR

## 1. Acondicionamiento de invierno

Considerando que en el clima normativo E1, las demandas de refrigeración serán mínimas, se propone un sistema de “calefacción por agua<sup>3</sup>” y que como se ha dicho, forma parte de un sistema mixto de calefacción-ACS compartiendo entre ambos el equipo de producción. Dicha producción, se realiza mediante caldera de biomasa que para este proyecto y estas condiciones de entorno puede ser una alternativa muy adecuada. La distribución de la energía térmica se realiza mediante un circuito de agua (ida-retorno), que impulsa el agua a 45°C. Como elementos terminales de emisión, se emplean superficies radiantes, en este caso los suelos de la vivienda.

Estas y otras características de la instalación de calefacción, se resumen en los siguientes cuadros, uno para cada opción objeto de estudio:

| OPCIÓN 1. SISTEMA DE CALEFACCIÓN                                                                  |                     | DISTRIBUCIÓN DE LA EMISIÓN EN LOS LOCALES |                              |              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------|------------------------------|--------------|
| Forma parte de un sistema mixto de producción para calefacción y ACS mediante caldera individual. |                     | <b>Planta baja</b>                        | Superficie (m <sup>2</sup> ) | Potencia (W) |
|                                                                                                   |                     | Cocina-comedor-estar                      | 28,80                        | 2.016        |
|                                                                                                   |                     | Entrada + distribuidor                    | 13,44                        | 941          |
|                                                                                                   |                     | Aseo                                      | 4,14                         | 290          |
|                                                                                                   |                     | Dormitorio principal                      | 17,62                        | 1.233        |
|                                                                                                   |                     | total planta                              | <b>64,00</b>                 | <b>4.480</b> |
|                                                                                                   |                     | <b>Totales</b>                            | <b>64,00</b>                 | <b>4.480</b> |
| PRODUCCIÓN                                                                                        |                     |                                           |                              |              |
| Caldera individual de biomasa                                                                     |                     |                                           |                              |              |
| Potencia térmica nominal                                                                          | 25 KW               |                                           |                              |              |
| Combustible empleado: biomasa pelets                                                              |                     |                                           |                              |              |
| Rendimiento a potencia nominal:                                                                   | 93 %                |                                           |                              |              |
| TRANSPORTE DE ENERGÍA A LOS ESPACIOS                                                              |                     |                                           |                              |              |
| Circuito de agua                                                                                  |                     |                                           |                              |              |
| con temperatura de impulsión a                                                                    | 45 °C               |                                           |                              |              |
| EMISORES EN LOS ESPACIOS                                                                          |                     |                                           |                              |              |
| Suelo radiante. Potencia media de emisión:                                                        |                     |                                           |                              |              |
| Planta baja (P02):                                                                                | 70 W/m <sup>2</sup> |                                           |                              |              |

(\*) Las superficies refelejadas en la tabla no son estrictamente útiles interiores de cada estancia, sino que se trata del reparto de la superficie útil total de la planta entre los diferentes espacios que la componen. En el modelo de HULC no se segregan las huellas de las particiones interiores.  
La densidad de potencia que se indica en cada planta se refiere a la potencia máxima nominal entregada por los emisores (suelo radiante)

<sup>3</sup> “Calefacción por agua”: pertenece a los sistemas de climatización toda agua, es decir, que emplea el agua como fluido caloportador o de transporte de la energía térmica a los espacios que se quieren acondicionar. En este caso los emisores o unidades terminales suelen ser radiadores, superficies radiantes o fancoils.

## OPCIÓN 2. SISTEMA DE CALEFACCIÓN

Forma parte de un sistema mixto de producción para calefacción y ACS mediante caldera individual.

## PRODUCCIÓN

|                                      |       |
|--------------------------------------|-------|
| Caldera individual de biomasa        |       |
| Potencia térmica nominal             | 25 KW |
| Combustible empleado: biomasa pelets |       |
| Rendimiento a potencia nominal:      | 93 %  |

## TRANSPORTE DE ENERGÍA A LOS ESPACIOS

|                                |       |
|--------------------------------|-------|
| Circuito de agua               |       |
| con temperatura de impulsión a | 45 °C |

## EMISORES EN LOS ESPACIOS

|                                            |                     |
|--------------------------------------------|---------------------|
| Suelo radiante. Potencia media de emisión: |                     |
| Planta baja (P02):                         | 70 W/m <sup>2</sup> |
| Planta bajocubierta (P03):                 | 85 W/m <sup>2</sup> |

## DISTRIBUCIÓN DE LA EMISIÓN EN LOS LOCALES

| Planta baja                | Superficie (m <sup>2</sup> ) | Potencia (W) |
|----------------------------|------------------------------|--------------|
| Cocina-comedor-estar       | 28,80                        | 2.016        |
| Entrada + distribuidor     | 13,44                        | 941          |
| Aseo                       | 4,14                         | 290          |
| Dormitorio principal       | 17,62                        | 1.233        |
| total planta               | <b>64,00</b>                 | <b>4.480</b> |
| <b>Planta bajocubierta</b> |                              |              |
| Dormitorio                 | 29,15                        | 2.478        |
| Aseo                       | 6,85                         | 582          |
| total planta               | <b>36,00</b>                 | <b>3.060</b> |
| <b>Totales</b>             | <b>100,00</b>                | <b>7.540</b> |

(\*) Las superficies refelejadas en la tabla no son estrictamente útiles interiores de cada estancia, sino que se trata del reparto de la superficie útil total de la planta entre los diferentes espacios que la componen. En el modelo de HULC no se segregan las huellas de las particiones interiores.

## OPCIÓN 3. SISTEMA DE CALEFACCIÓN

Forma parte de un sistema mixto de producción para calefacción y ACS mediante caldera individual.

## PRODUCCIÓN

|                                      |       |
|--------------------------------------|-------|
| Caldera individual de biomasa        |       |
| Potencia térmica nominal             | 25 KW |
| Combustible empleado: biomasa pelets |       |
| Rendimiento a potencia nominal:      | 93 %  |

## TRANSPORTE DE ENERGÍA A LOS ESPACIOS

|                                |       |
|--------------------------------|-------|
| Circuito de agua               |       |
| con temperatura de impulsión a | 45 °C |

## EMISORES EN LOS ESPACIOS

|                                            |                     |
|--------------------------------------------|---------------------|
| Suelo radiante. Potencia media de emisión: |                     |
| Planta baja (P02):                         | 70 W/m <sup>2</sup> |
| Planta bajocubierta (P03):                 | 85 W/m <sup>2</sup> |

## DISTRIBUCIÓN DE LA EMISIÓN EN LOS LOCALES

| Planta baja                | Superficie (m <sup>2</sup> ) | Potencia (W) |
|----------------------------|------------------------------|--------------|
| Cocina-comedor-estar       | 28,80                        | 2.016        |
| Entrada + distribuidor     | 13,44                        | 941          |
| Aseo                       | 4,14                         | 290          |
| Dormitorio principal       | 17,62                        | 1.233        |
| total planta               | <b>64,00</b>                 | <b>4.480</b> |
| <b>Planta bajocubierta</b> |                              |              |
| Dormitorio 1               | 14,13                        | 1.201        |
| Dormitorio 2               | 14,13                        | 1.201        |
| Aseo 1                     | 5,22                         | 444          |
| Aseo 2                     | 5,22                         | 444          |
| Distribuidor-estar         | 25,30                        | 2.151        |
| total planta               | <b>64,00</b>                 | <b>5.440</b> |
| <b>Totales</b>             | <b>128,00</b>                | <b>9.920</b> |

(\*) Las superficies refelejadas en la tabla no son estrictamente útiles interiores de cada estancia, sino que se trata del reparto de la superficie útil total de la planta entre los diferentes espacios que la componen. En el modelo de HULC no se segregan las huellas de las particiones interiores.

**FRÍO**

## 2. Acondicionamiento de verano

En principio no se propone sistema de refrigeración considerando las condiciones de entorno del proyecto. La demanda, potencialmente baja de este servicio, no parece hacerlo necesario. En la simulación del modelo en HULC, se hará cargo de esta demanda el sistema por defecto cuyas características son las siguientes:

- Vector energético: electricidad
- Rendimiento nominal: 2,6.

## ACS

## 3. Producción de ACS

El sistema de preparación de ACS se vincula en la parte de producción al ya descrito de calefacción, es decir, la caldera prevista de biomasa. El sistema incorpora un acumulador de 100 litros para las dos primeras opciones de menor ocupación y de 150 litros para la opción 3 de mayor demanda diaria.

Otra ventaja de la elección de la biomasa como combustible del sistema, es su condición de fuente de energía renovable. En virtud de la modificación establecida en la exigencia *HE 4 de contribución mínima mediante fuentes renovables en la producción de ACS*, se abren las opciones a cualquier fuente de energía renovable producida en el propio edificio o su entorno próximo. En concreto en el apartado 2 Caracterización de la exigencia, el texto dice:

*“Los edificios satisfarán sus necesidades de ACS y de climatización de piscina cubierta empleando en gran medida energía procedente de fuentes renovables o procesos de cogeneración renovables; bien generada en el propio edificio o bien a través de la conexión a un sistema urbano de calefacción”*

En el apartado 3 de cuantificación de dicha exigencia punto 3.1 1) se concreta lo siguiente:

*“La contribución mínima de energía procedente de fuentes renovables cubrirá al menos el 70% de la demanda energética anual para ACS y para climatización de piscina, obtenida a partir de los valores mensuales, e incluyendo las pérdidas térmicas por distribución, acumulación y recirculación. Esta contribución mínima podrá reducirse al 60% cuando la demanda de ACS sea inferior a 5000 l/d.*

*Se considerará únicamente la aportación renovable de la energía con origen in situ o en las proximidades del edificio, o procedente de biomasa sólida.”*

En el apartado correspondiente veremos cuál es la aportación renovable del sistema y si se cumplen o no los valores de contribución establecidos para este edificio. El resto de los datos y características principales de la instalación figuran en el siguiente cuadro:

| PRODUCCIÓN Y PREPARACIÓN DE ACS              |                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PRODUCCIÓN SISTEMA CONVENCIONAL              | DEMANDA DE ACS                                                                                                                                                                                                                                            |
| Características de la caldera                | <b>Opción 1: solo planta baja</b>                                                                                                                                                                                                                         |
| Caldera individual de biomasa                | Dormitorios 1                                                                                                                                                                                                                                             |
| Potencia térmica 25 KW                       | Ocupantes (*) 1,5                                                                                                                                                                                                                                         |
| Combustible empleado: biomasa pelets         | Necesidades de ACS 28 l/p día                                                                                                                                                                                                                             |
| Rendimiento nominal: 0,93                    | (OP. 1) Demanda total de ACS 42 l/día                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Preparación y distribución</b>            | <b>Opción 2: planta baja + bajocubierta</b>                                                                                                                                                                                                               |
| Tipo de preparación final: Acumulador        | Dormitorios 2                                                                                                                                                                                                                                             |
| Tª de distribución 60 °C                     | Ocupantes (*) 3                                                                                                                                                                                                                                           |
| Tª de utilización 60 °C                      | Necesidades de ACS 28 l/p día                                                                                                                                                                                                                             |
| Acumulador                                   | Demanda total de ACS 84 l/día                                                                                                                                                                                                                             |
| Opción 1 100 litros                          | <b>Opción 3: planta baja + bajocubierta peraltada</b>                                                                                                                                                                                                     |
| Opción 2 100 litros                          | Dormitorios 3                                                                                                                                                                                                                                             |
| Opción 3 150 litros                          | Ocupantes (*) 4                                                                                                                                                                                                                                           |
|                                              | Necesidades de ACS 28 l/p día                                                                                                                                                                                                                             |
|                                              | Demanda total de ACS 112 l/día                                                                                                                                                                                                                            |
| SIST. DE APOYO MEDIANTE RENOVABLES           | (*) En el anejo F (Tabla a) del DB HE, se fijan ocupaciones mínimas en función del número de dormitorios. En nuestros ejemplos se han tomado para todas las opciones dichos valores de ocupación. Con ellos se han calculado las demandas diarias de ACS. |
| Combustión de biomasa                        |                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Preparación mediante depósito de acumulación |                                                                                                                                                                                                                                                           |

## VENT

## 4. Ventilación híbrida

La instalación de ventilación que se ha considerado para la vivienda consiste en un sistema híbrido, con admisión natural a través de los cerramientos de los locales “secos” y extracción mecánica del aire desde los “locales húmedos” hasta cubierta. La entrada de aire exterior se transfiere desde los locales secos (salón – comedor, dormitorios) hacia los locales húmedos a través de las holguras de las puertas, suponiendo una sección de paso suficiente para los caudales de transferencia necesarios en cada caso. Todo ello de acuerdo con lo establecido en el *DB HS3, Calidad del aire interior*.

El resto de las características de esta instalación para cada una de las tres opciones se definen en los siguientes cuadros resumen:

## INSTALACIÓN DE VENTILACIÓN HÍBRIDA. OPCIÓN 1

Sistema híbrido con admisión natural a través de los cerramientos de los locales “secos” y extracción mecánica del aire desde los “locales húmedos” hasta cubierta. En esta opción 1, el nº de dormitorios es de 1, por lo que aplicando la tabla 2.1 del DB HS3 los caudales mínimos de ventilación (l/s) son los siguientes:

## CAUDAL DE ADMISIÓN

## Locales secos

|                      |               |
|----------------------|---------------|
| Dormitorio principal | 8 l/s         |
| Salón - comedor      | 6 l/s         |
| <b>Total</b>         | <b>14 l/s</b> |

## CAUDAL DE EXTRACCIÓN

## Locales húmedos

|                              |               |
|------------------------------|---------------|
| Cocina                       | 6 l/s         |
| Aseo pl. baja                | 6 l/s         |
| <b>Total</b>                 | <b>12 l/s</b> |
| <b>Caudal mínimo extrac.</b> | <b>12 l/s</b> |

## CAUDAL DE REFERENCIA EQUILIBRADO

**14 l/s**  
**50,4 m³/h**

## EQUIPOS PREVISTOS

| U. | Equipo              | Potencia (W) | Q max. (m³/h) |
|----|---------------------|--------------|---------------|
| 1  | Extractor multitubo | <b>5</b>     | <b>75</b>     |

## INSTALACIÓN DE VENTILACIÓN HÍBRIDA. OPCIÓN 2

Sistema híbrido con admisión natural a través de los cerramientos de los locales “secos” y extracción mecánica del aire desde los “locales húmedos” hasta cubierta. En esta opción 2, el nº de dormitorios es de 2, y aplicando la tabla 2,1 del DB HS3 los caudales mínimos de ventilación (l/s) son los siguientes:

## CAUDAL DE ADMISIÓN

## Locales secos

|                      |               |
|----------------------|---------------|
| Dormitorio principal | 8 l/s         |
| Dormitorio 2         | 4 l/s         |
| Salón - comedor      | 8 l/s         |
| <b>Total</b>         | <b>20 l/s</b> |

## CAUDAL DE EXTRACCIÓN

## Locales húmedos

|                              |               |
|------------------------------|---------------|
| Cocina                       | 7 l/s         |
| Aseo pl. baja                | 7 l/s         |
| Aseo pl. bajocubierta        | 7 l/s         |
| <b>Total</b>                 | <b>21 l/s</b> |
| <b>Caudal mínimo extrac.</b> | <b>24 l/s</b> |

## CAUDAL DE REFERENCIA EQUILIBRADO

**24 l/s**  
**86,4 m³/h**

## EQUIPOS PREVISTOS

| U. | Equipo              | Potencia (W) | Q max. (m³/h) |
|----|---------------------|--------------|---------------|
| 2  | Extractor multitubo | <b>4</b>     | <b>50</b>     |

## INSTALACIÓN DE VENTILACIÓN HÍBRIDA. OPCIÓN 3

Sistema híbrido con admisión natural a través de los cerramientos de los locales “secos” y extracción mecánica del aire desde los “locales húmedos” hasta cubierta. En esta opción 3 el nº de dormitorios es de 3, por lo que aplicando la tabla 2,1 del DB HS3 los caudales mínimos de ventilación (l/s) son los siguientes:

## CAUDAL DE ADMISIÓN

## Locales secos

|                            |               |
|----------------------------|---------------|
| Dormitorio principal       | 8 l/s         |
| Dormitorio 2               | 4 l/s         |
| Dormitorio 3               | 4 l/s         |
| Salón - comedor            | 10 l/s        |
| Zona de estar bajocubierta | 10 l/s        |
| <b>Total</b>               | <b>36 l/s</b> |

## CAUDAL DE EXTRACCIÓN

## Locales húmedos

|                              |               |
|------------------------------|---------------|
| Cocina                       | 8 l/s         |
| Aseo pl. baja                | 8 l/s         |
| Aseo 1 pl. bajocubierta      | 8 l/s         |
| Aseo 2 pl. bajocubierta      | 8 l/s         |
| <b>Total</b>                 | <b>32 l/s</b> |
| <b>Caudal mínimo extrac.</b> | <b>33 l/s</b> |

## CAUDAL DE REFERENCIA EQUILIBRADO

**36 l/s**  
**129,6 m³/h**

## EQUIPOS PREVISTOS

| U. | Equipo              | Potencia (W) | Q max. (m³/h) |
|----|---------------------|--------------|---------------|
| 2  | Extractor multitubo | 5            | 75            |

## CUMPLE

## SECCIÓN 2. CUMPLIMIENTO DE LAS EXIGENCIAS

HE1 Condiciones para el control de la demanda energética

HE3 Condiciones de las instalaciones de iluminación

HE4 Contribución mínima de energía renovable para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria

HE5 Generación mínima de energía eléctrica

HE0 Limitación del consumo energético.

RES Resumen del cumplimiento de todos los indicadores de cada sección

En los puntos siguientes, se realiza un recorrido por todas las exigencias que son de aplicación a este ejemplo, comprobando el cumplimiento de cada uno de los apartados y para cada una de las opciones. Para ello se toma como punto de partida la documentación previa que se ha presentado en la sección descriptiva anterior y se calculan cada uno de los parámetros específicos de acuerdo con las características del edificio y así poder compararlos con los valores límite o de referencia.

En paralelo, se han simulado las distintas configuraciones en HULC tal y como se detalla en el capítulo de AYUDAS. Los resultados obtenidos, figuran como referencia en algunos apartados del cumplimiento.

## HE1

## HE1.CONDICIONES PARA EL CONTROL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

1. Preparación de datos previos a la comprobación
2. Condiciones de la envolvente térmica
3. Limitación de descompensaciones
4. Limitación de condensaciones de la envolvente térmica
5. Comentarios

Se trata de la exigencia con un mayor número de requisitos y seguramente la que ha sufrido una mayor transformación respecto al documento anterior. Varios de estos requisitos se verán afectados por decisiones que se toman en el origen del proyecto y están relacionados con la configuración y morfología del edificio. Conviene, por tanto, evaluar desde el inicio las consecuencias de algunas de estas decisiones que se toman en las primeras fases del proyecto.

La principal novedad de la exigencia que establece las condiciones para el control de la demanda energética (HE1), es que desaparece el control explícito sobre los valores de demanda. Las justificaciones a este respecto figuran detalladas en la *“Guía de aplicación del DB HE 2019”* que es complementaria a esta guía de ejemplos.

Respecto a la nueva estructura del DB HE1, recordemos que ordena la cuantificación de la exigencia en tres bloques principales de la siguiente forma:

1. Condiciones de la envolvente térmica. En este apartado, se establece el control sobre diferentes parámetros que afectan al comportamiento y calidad de la envolvente térmica del edificio. A su vez se divide en varios apartados:
  - La transmitancia de la envolvente térmica.  
Controla las transferencias de energía por conducción a través de la envolvente del edificio. Se limita la transmitancia térmica de cada elemento de la ET y también se define una especificación referida al valor medio de transmitancia de la envolvente térmica.
  - El control solar de la envolvente térmica.
  - La permeabilidad al aire de la envolvente térmica.
2. Limitación de descompensaciones entre unidades del mismo uso, o de usos diferentes.
3. Limitación de condensaciones (intersticiales) en la envolvente térmica

En primer lugar, debemos realizar una descripción completa de la posición, geometría y composición de cada uno de los elementos de la envolvente térmica del edificio en cada uno de los 3 casos de estudio. Para reducir las variables posibles, la composición inicial de los cerramientos será la misma en las tres opciones y simplemente variará la geometría local de los cerramientos de cada planta y la definición de los espacios incluidos dentro de la envolvente térmica del edificio. En todo caso, como se ha dicho, la volumetría global del edificio se mantiene constante.

La caracterización de la envolvente térmica para realizar las diferentes comprobaciones hace referencia a su definición geométrica, composición y en función de su trazado a otros parámetros derivados:

- Definición geométrica de la envolvente:
  - Superficie de los cerramientos.  
Respecto a la superficie de los diferentes cerramientos, su medición no plantea mayor problema y queda reflejada en las tablas. La altura de los cerramientos es la misma de la planta a la que pertenece. La superficie total de un cerramiento la componen su parte opaca más la de los huecos si los hubiera.
- Composición de la envolvente:
  - Transmitancia térmica  $[U]^4$  de cada elemento de cerramiento perteneciente a la envolvente o a las particiones interiores. Se obtiene a partir de las características y composición de los cerramientos. Valor de  $[U]$  expresado en  $W/m^2 \cdot K$ .

Normalmente los cerramientos opacos ya pertenezcan a la envolvente o a particiones interiores, estarán compuestos de varias “hojas” y diferentes materiales. El cálculo de la transmitancia de estos elementos se describe detalladamente en el documento de ayuda *DA DB-HE / 1. Cálculo de parámetros característicos de la envolvente*. También en esta guía y en el apartado de ayudas, se incorpora un resumen y varios ejemplos de cálculo.

Respecto a la transmitancia en huecos, nuevamente figura desarrollada la metodología de cálculo en el documento de ayuda *DA DB-HE / 1. Cálculo de parámetros característicos de la envolvente*.

<sup>4</sup> flujo de calor, en régimen estacionario, para un área y diferencia de temperaturas unitarias de los medios situados a cada lado del elemento que se considera.

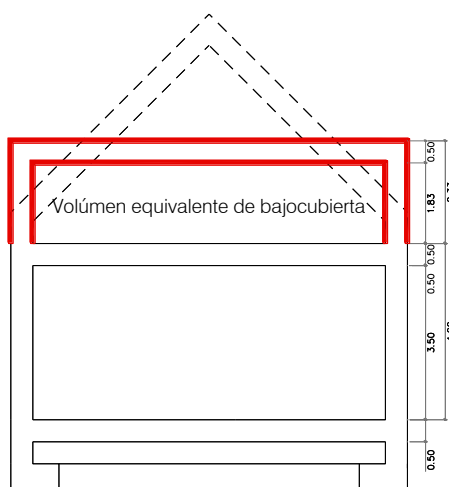
- Transmitancia térmica lineal<sup>5</sup> en puentes térmicos.
- Permeabilidad al paso de aire de la envolvente térmica. Afecta nuevamente tanto a los huecos como al conjunto de la envolvente térmica del edificio.
  - La permeabilidad de los huecos se caracteriza mediante ensayo y una presión diferencial de 100 Pa expresada en  $[m^3/hm^2]$ .
  - Para el cálculo de la permeabilidad del conjunto de la envolvente térmica, el DB HE, en su *Anejo H Determinación de la permeabilidad al aire del edificio*, establece los métodos para obtener el valor de la relación del cambio de aire a 50 Pa,  $[n_{50}]$  expresado en  $[h^{-1}]$ . Lo veremos más adelante.
- Volumen que encierra la E.T.
 

Respecto al volumen trabajaremos con dos conceptos de volumen diferentes:

  - En primer lugar, el volumen Interior total (empleado por ejemplo para el cálculo de la compacidad). Este sería el que encierra en su totalidad la envolvente térmica, incluyendo forjados y espesor de cubierta.
  - Por otra parte, emplearemos lo que hemos llamado volumen de “aire interior” que recoge el volumen “útil”, descontando del total los forjados y espesor de cubierta. Este volumen lo utilizaremos en el cálculo de la permeabilidad al aire del conjunto de la envolvente térmica  $[n_{50}]$ .

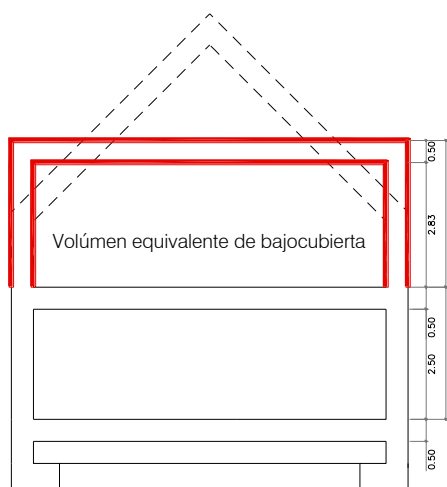
En este apartado referido al volumen, debemos hacer una puntualización más (ya hemos hecho alguna referencia con anterioridad). Cuando calculamos el volumen encerrado en el espacio bajocubierta y pensando en la simulación que en paralelo estamos realizando en HULC, hablamos de “volumen equivalente”. Nos estamos refiriendo en este caso, al que encierra un prisma recto de la misma planta que el bajocubierta de nuestro ejemplo y de altura (equivalente) la necesaria para que su volumen sea idéntico al que encierra la cubierta original de planos inclinados. Su trazado se detalla para las 3 opciones en los gráficos siguientes:

OPCIONES 1 y 2



Simulación en HULC

OPCIÓN 3



<sup>5</sup> flujo de calor, en régimen estacionario, para una longitud y diferencia de temperaturas unitarias de los medios situados a cada lado del puente térmico que se considera.

- Compacidad. Establece la relación entre el volumen encerrado por la envolvente y la superficie de esta ( $V/A$ ) ( $m^3/m^2 = m$ ). Se trata de una característica fundamental de la “forma” del edificio. Si tenemos en cuenta que los flujos de calor entre el interior del edificio y el exterior se realiza a través de su piel, esta relación es determinante a la hora de evaluar su comportamiento. Su inverso es el “índice de forma” ( $A/V$ ) ( $m^2/m^3 = m^{-1}$ ) y más adelante, haremos referencia también a este concepto.

La compacidad se define en el Anejo A Terminología de la siguiente forma:

*Compacidad ( $V/A$ ): Relación entre el volumen encerrado por la envolvente térmica ( $V$ ) del edificio (o parte del edificio) y la suma de las superficies de intercambio térmico con el aire exterior o el terreno de dicha envolvente térmica ( $A = \sum A_i$ ). Se expresa en  $m^3/m^2$ .*

*Por tanto, para el cálculo de la compacidad, se excluye el cómputo del área de los cerramientos y de las particiones interiores en contacto con otros edificios o con espacios adyacentes exteriores a la envolvente térmica.*

Por tanto, el área computable de la envolvente térmica es exclusivamente la que está en contacto con el aire exterior o terreno.

Respecto al volumen, es el que encierra la envolvente térmica en su totalidad. Incluyendo forjados interiores y cubiertas, pero no cerramientos verticales. En cada uno de los supuestos de estudio, se incluirá un gráfico que describa el volumen computable en cada caso.

Con este criterio se definirá, para todos los casos de estudio, su valor que será determinante en el cálculo y aplicación de varios indicadores de la exigencia de *Condiciones para el control de la demanda energética DB HE*.

## DAT

## 1. Preparación de datos previos a la comprobación

**Definición de la Envolvente Térmica (E.T.)**

El concepto de envolvente térmica se define en el *Anejo C. Consideraciones para la definición de la envolvente térmica* de la siguiente forma:

*La envolvente térmica está compuesta por todos los cerramientos y particiones interiores, incluyendo sus puentes térmicos, que delimitan todos los espacios habitables del edificio o parte del edificio. No obstante, a criterio del proyectista:*

a) *podrá incluirse alguno o la totalidad de los espacios no habitables.*

.....

b) *podrán excluirse espacios tales como:*

i) *espacios habitables que vayan a permanecer no acondicionados durante toda la vida del edificio, tales como escaleras, ascensores o, pasillos no acondicionados,*

ii) *espacios muy ventilados, con una ventilación permanente de, al menos, 10 dm<sup>3</sup>/s por m<sup>2</sup> de área útil de dicho espacio,*

iii) *espacios con grandes aberturas permanentes al exterior, de al menos 0,003 m<sup>2</sup> por m<sup>2</sup> de área útil de dicho espacio.*

Existen pues diferentes posibilidades de configuración de la envolvente en cada caso de estudio. Atendiendo a la caracterización de los diferentes espacios y a su inclusión o no dentro de la envolvente térmica que se defina en cada variante, se analizarán diferentes configuraciones para cada opción.

De todas las opciones posibles se van a evaluar las que se describen más abajo y que en todos los casos, se deja fuera de dicha envolvente térmica, la cámara sanitaria existente bajo rasante.

Dentro de la OPCIÓN 1 se estudiarán dos configuraciones diferentes, al igual que en la OPCIÓN 2. En la OPCIÓN 3 sin embargo, solo se estudia una configuración. Estas variantes se describen a continuación:

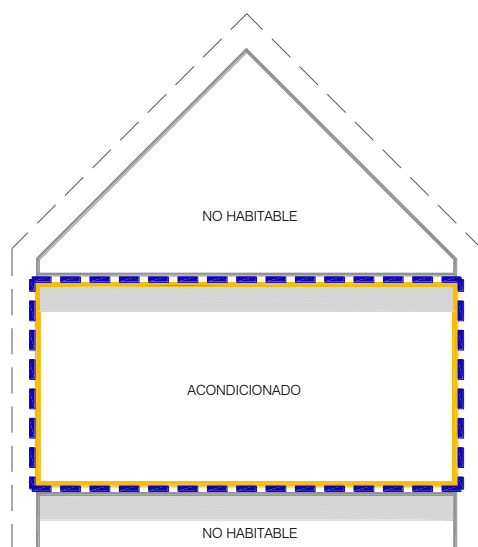
**OPCIÓN 1**

Ocupación de espacios acondicionados solamente en planta baja.

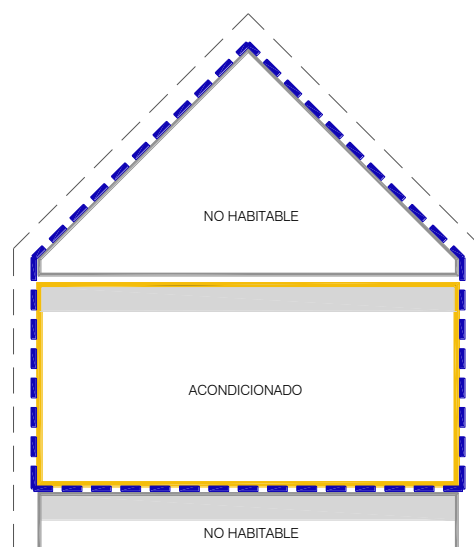
En esta primera opción se contemplan dos posibles trazados de la envolvente térmica:

- PRIMERA CONFIGURACIÓN: la envolvente térmica incluye solamente los espacios acondicionados de la planta baja.
- SEGUNDA CONFIGURACIÓN: la envolvente se traza por el perímetro que define la cubierta inclinada, incluyendo por tanto el espacio NO HABITABLE del bajocubierta previsto en esta primera opción. A continuación, se muestran los esquemas de cálculo para las dos configuraciones de esta primera opción:

## ENVOLVENTE TÉRMICA EN LA OPCIÓN 1



— Trazado de la envolvente térmica OPCIÓN 1 CONFIGURACIÓN 1

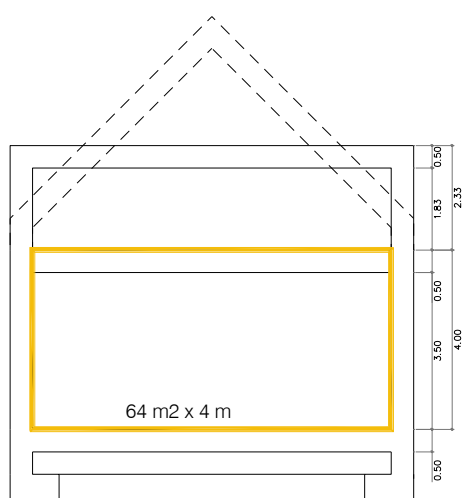


— Trazado de la envolvente térmica OPCIÓN 1 CONFIGURACIÓN 2

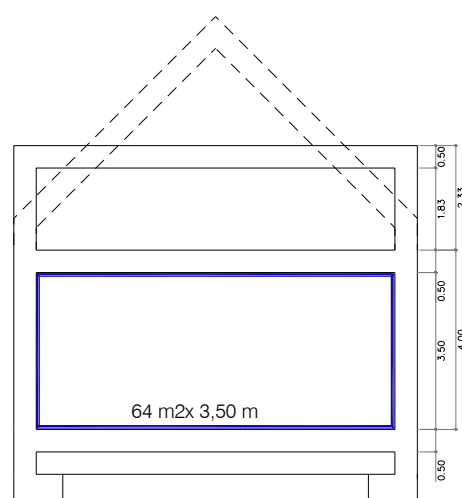
Por otra parte, dependiendo de ese trazado de la envolvente térmica, el volumen encerrado será diferente en las dos configuraciones. Además, tal y como se ha explicado anteriormente, trabajaremos con dos conceptos de volumen diferentes: el volumen Interior total y el que hemos llamado volumen de "aire interior". En las tablas de caracterización de los componentes de la envolvente aparecerán con esta nomenclatura.

De acuerdo con ambas definiciones, los gráficos siguientes reflejan los dos conceptos de volumen para las dos configuraciones de la opción 1:

## OPCIÓN 1 CONFIGURACIÓN 1

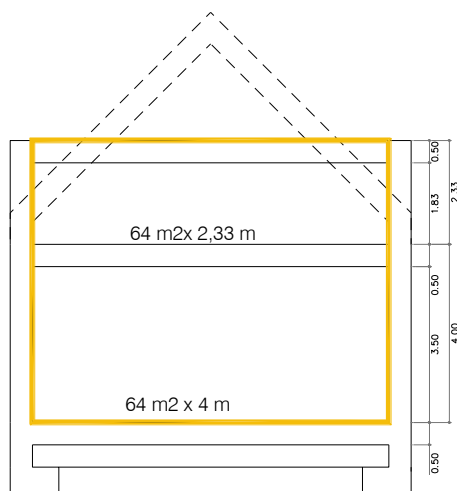


Volumen total de la ET para capacidad

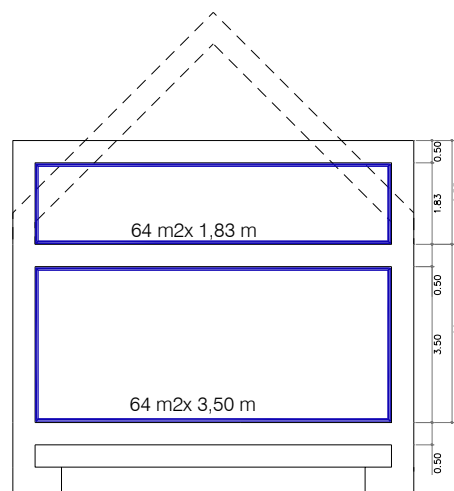


Volumen de "aire interior"

## OPCIÓN 1 CONFIGURACIÓN 2



Volúmen total de la ET para compacidad



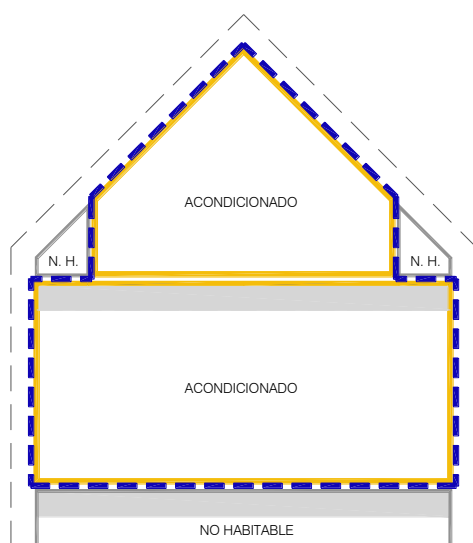
Volúmen de "aire interior"

## OPCIÓN 2

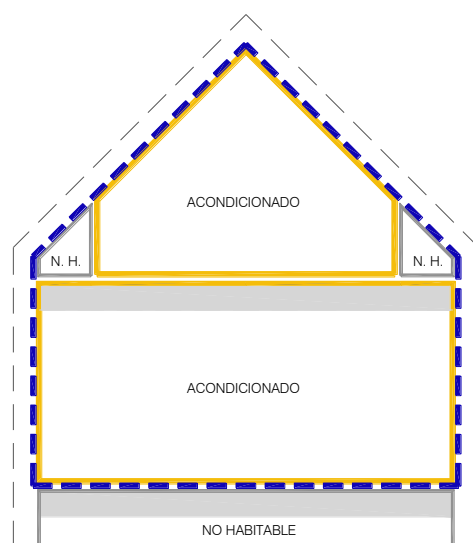
En esta segunda opción se contemplan también dos soluciones de envolvente:

- PRIMERA CONFIGURACIÓN: la primera planta (completamente acondicionada) se incluye dentro de la envolvente. En la planta bajocubierta, dejamos fuera el espacio NO HABITABLE y recogemos el espacio acondicionado de dormitorio y aseo.
- SEGUNDA CONFIGURACIÓN: Dentro de la E.T., en coherencia con lo que será una solución constructiva continua de la cubierta, se incluyen todos los espacios (acondicionados y no habitables). A continuación, se representan los dos esquemas a estudiar de esta segunda opción:

## ENVOLVENTE TÉRMICA EN LA OPCIÓN 2



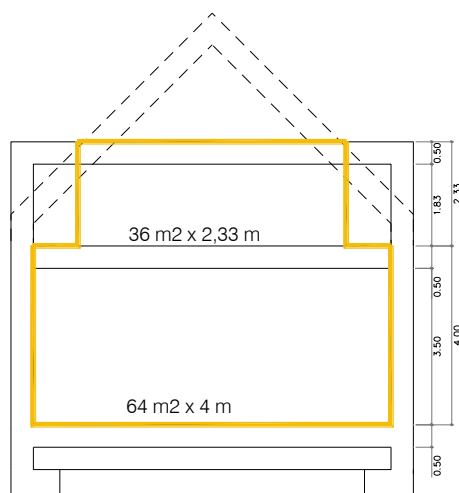
— Trazado de la envolvente térmica OPCIÓN 2 CONFIGURACIÓN 1



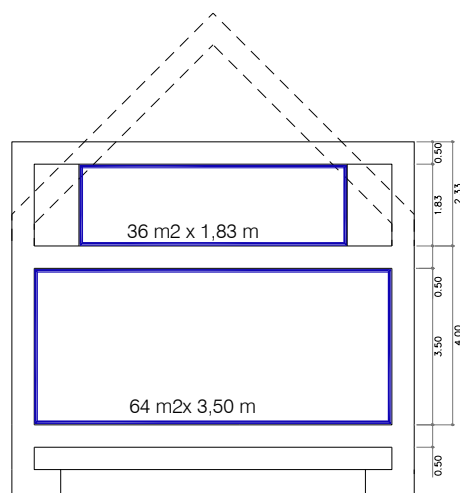
— Trazado de la envolvente térmica OPCIÓN 2 CONFIGURACIÓN 2

Los esquemas en sección de los volúmenes a considerar para las dos configuraciones de esta opción 2, son los siguientes:

OPCIÓN 2 CONFIGURACIÓN 1

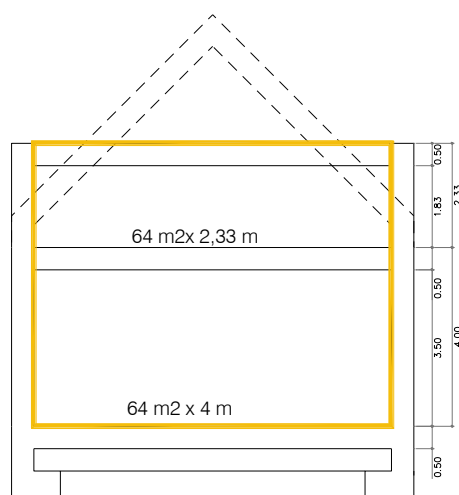


Volúmen total de la ET para compacidad

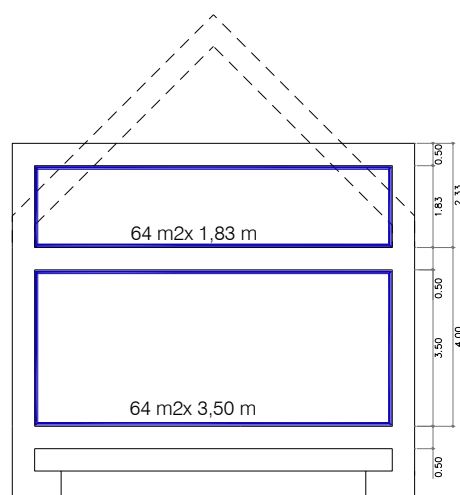


Volúmen de "aire interior"

OPCIÓN 2 CONFIGURACIÓN 2



Volúmen total de la ET para compacidad



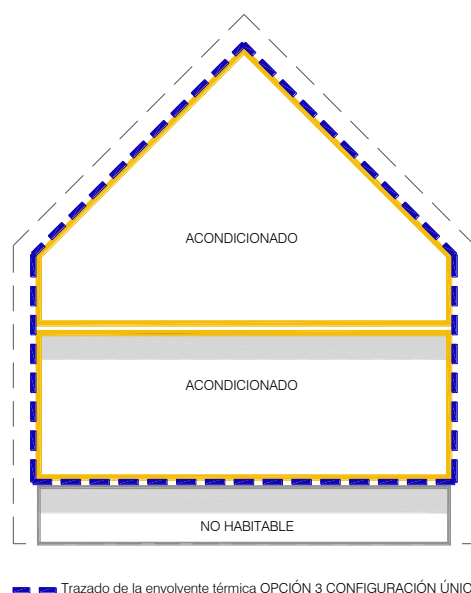
Volúmen de "aire interior"

### OPCIÓN 3

En esta opción se ocupa completamente el espacio del bajocubierta y se contempla una única solución de trazado de la E. T.:

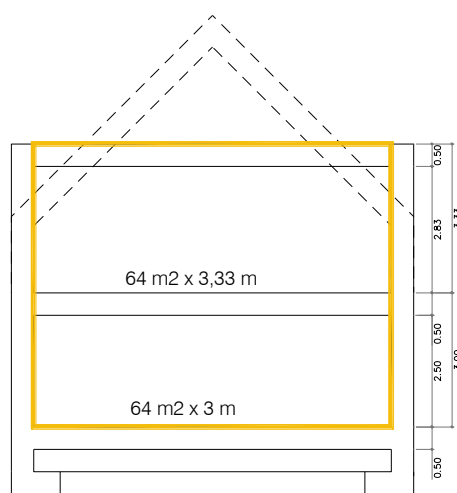
- CONFIGURACIÓN ÚNICA: Dado que toda la superficie útil de la planta baja y planta bajocubierta está ocupada por espacios acondicionados, se traza la E. T. recogiendo el total del volumen sobre rasante del edificio.

## ENVOLVENTE TÉRMICA EN LA OPCIÓN 3

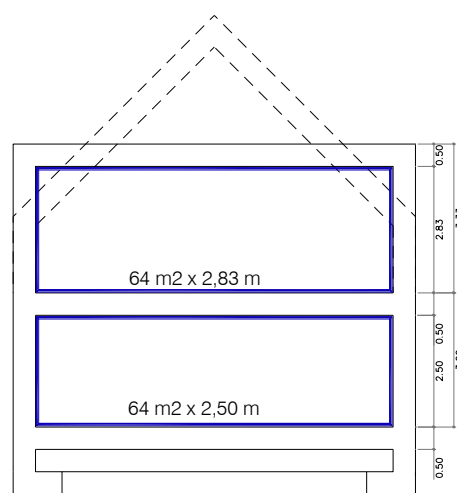


Los esquemas para los volúmenes de esta opción 3 de configuración única son los siguientes:

## OPCIÓN 3. CONFIGURACIÓN ÚNICA



Volúmen total de la ET para compacidad

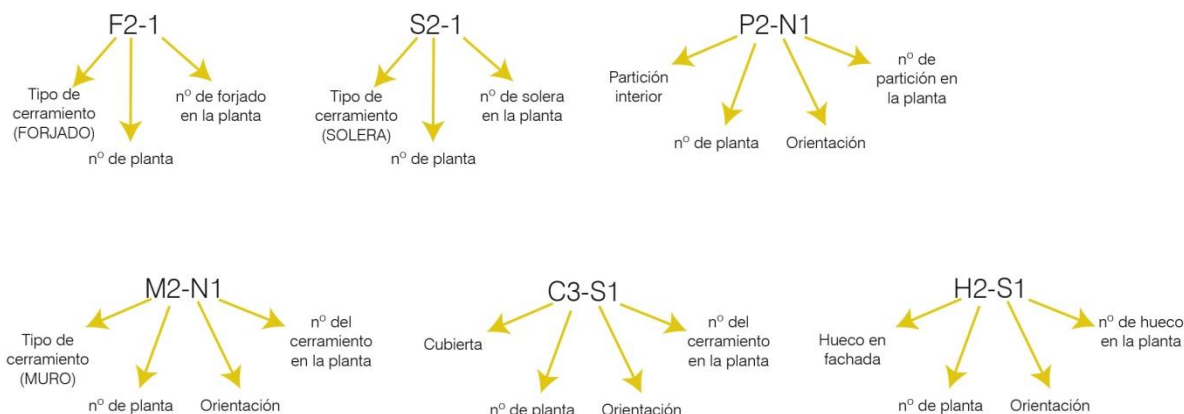


Volúmen de "aire interior"

Desde el punto de vista de configuración de la envolvente térmica del edificio, disponemos entonces de 5 opciones a evaluar. Para cada una de dichas variantes se realizará una caracterización completa de sus componentes.

### Caracterización de la envolvente térmica

En primer lugar, es necesario identificar cada uno de los elementos de la envolvente térmica, para ello, se les ha asignado un código que responde al siguiente criterio:



Una segunda cuestión importante, como se comentaba en párrafos anteriores, es identificar la posición exacta dentro de la E.T. de cada uno de estos elementos. En los siguientes gráficos se sitúan y referencian cada uno de dichos componentes para cada una de las tres configuraciones que analizamos del edificio.

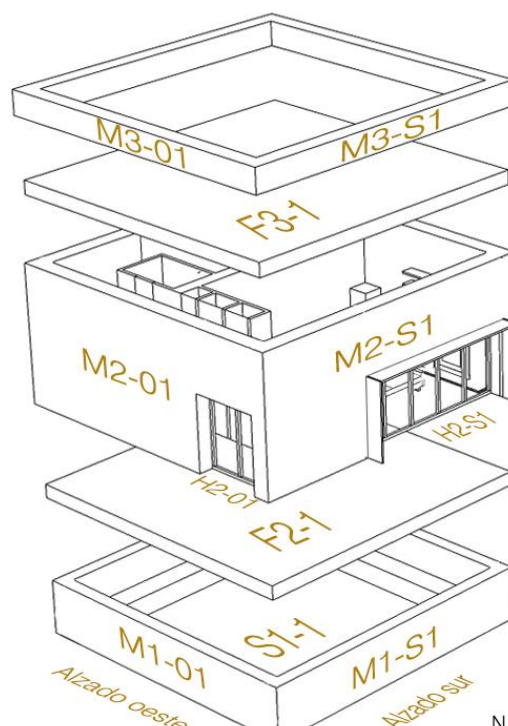
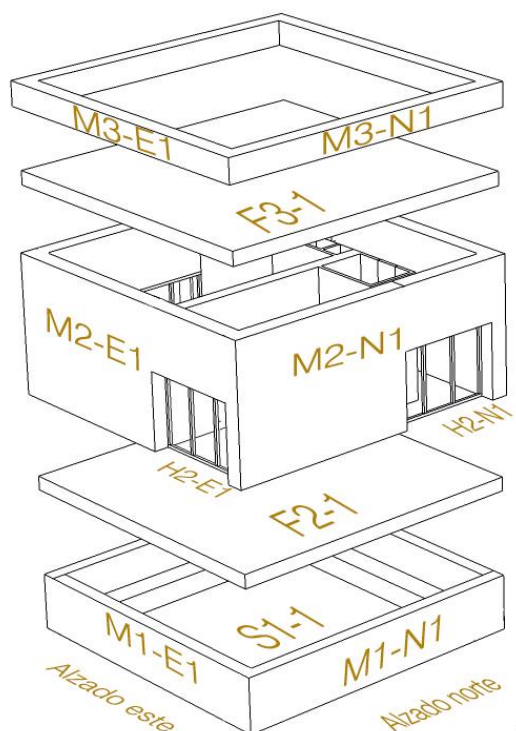
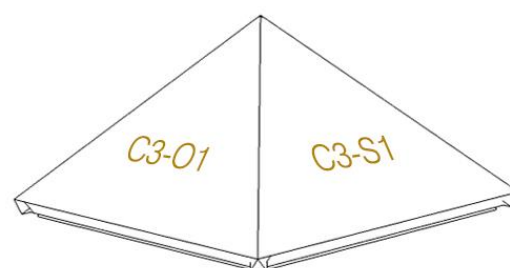
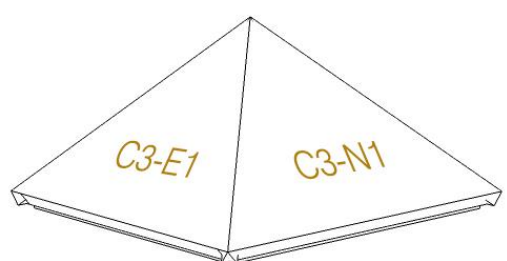
También para cada opción y mediante tablas, se relacionan todos los componentes de dicha envolvente térmica tal y como ha sido definida. Se detallan aquellos parámetros que vamos a necesitar en la justificación y que caracterizan cada elemento.

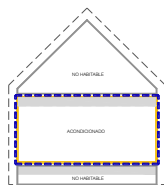
Las tablas están organizadas por plantas. Dichas plantas tal y como se ha comentado, están numeradas de abajo hacia arriba tal y como lo hace la herramienta HULC. Recordamos que, en nuestro caso, el nivel de la cámara sanitaria sería la planta P01, P02 es la planta baja y la planta bajocubierta es la planta P03.

Además de una definición completa de la geometría de cada ejemplo, se obtiene un primer cálculo referido a la compacidad de cada modelo con el criterio que se ha expresado en el apartado anterior.

## OPCIÓN 1

En las siguientes tablas, se detallan las características de la envolvente térmica: superficie y caracterización geométrica de sus componentes, volumen encerrado, etc. Con esos valores, se obtiene por último el de la compacidad para cada una de las dos configuraciones de esta opción 1.





## GEOMETRÍA Y COMPACIDAD

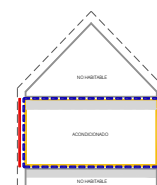
## OPCIÓN 1: Primera configuración

Acondicionados: P.B

N.H.: Cámara sanitaria + B.J. Cubierta

Envolvente térmica según esquema

En rojo se resaltan los  
contactos de la  
envolvente térmica con  
el exterior o terreno



| PLANTAS           | ESPACIOS | IDENTIFICACIÓN | TIPO DE ESPACIO | ancho | largo | $\lambda \in \text{a ET?}$<br>$\in \text{ET}=1$<br>$\notin \text{ET}=0$ | Sup. Planta dentro ET (m²) | Sup. ÚTIL dentro ET (m²) | Altura planta y espacios (m) | Volumen $\in \text{ET}$ (m³) | Altura libre planta (m) | Volumen, de *aire interior* $\in \text{ET}$ (m³) |
|-------------------|----------|----------------|-----------------|-------|-------|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------|--------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------|
| P01               | P01 E01  | Cáma Sanit     | NO HABIT.       | 8,00  | 8,00  | 0                                                                       | 0,00                       | 0,00                     | 1                            | 0,00                         | 0,50                    | 0,00                                             |
| TOTALES PLANTA 01 |          |                |                 |       |       |                                                                         | 0,00                       | 0,00                     |                              | 0,00                         |                         | 0,00                                             |
| P02               | P02 E01  | P. Baja        | ACOND           | 8,00  | 8,00  | 1                                                                       | 64,00                      | 64,00                    | 4                            | 256,00                       | 3,5                     | 224,00                                           |
| TOTALES PLANTA 02 |          |                |                 |       |       |                                                                         | 64,00                      | 64,00                    |                              | 256,00                       |                         | 224,00                                           |
| P03               | P03 E01  | Bajo cubiert   | NO HABIT.       | 8,00  | 8,00  | 0                                                                       | 0,00                       | 0,00                     | Equivalente*                 |                              | Equivalente*            |                                                  |
|                   |          |                |                 |       |       |                                                                         |                            |                          | 2,33                         | 0,00                         | 1,83                    | 0,00                                             |
| TOTALES PLANTA 03 |          |                |                 |       |       |                                                                         | 0,00                       | 0,00                     |                              | 0,00                         |                         | 0,00                                             |
| TOTALES EDIFICIO  |          |                |                 |       |       |                                                                         | 64,00                      | 64,00                    |                              | 256,00                       |                         | 224,00                                           |

(\*) HULC convierte el espacio del bajocubierta en un espacio de volumen equivalente dentro de un prisma de cubierta plana. Esta es la altura equivalente de dicho prisma medida desde el suelo terminado de esa planta a la cara exterior de la cubierta plana virtual

| Código de cerramiento | Tipo de Contacto | Descripción | Ancho (m) | Largo (m) | Alto (m) | Sup. Total Cerramiento (m²) | $\lambda \in \text{a ET?}$<br>$\in \text{ET}=1$<br>$\notin \text{ET}=0$ | Sup. E.T. (m²) | COMPUT COMPAC (*)<br>SI=1<br>NO=0 | S. COMPUT. COMPACIDAD (m²) |
|-----------------------|------------------|-------------|-----------|-----------|----------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------------------------|----------------------------|
|-----------------------|------------------|-------------|-----------|-----------|----------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------------------------|----------------------------|

## PLANTA CÁMARA SANITARIA. P01

La planta 01 correspondiente al nivel de cámara sanitaria, no se incluye en ninguna de las opciones dentro de la envolvente térmica por lo que no se detallan en la tabla las características de sus cerramientos.

|                   |      |      |      |
|-------------------|------|------|------|
| TOTALES PLANTA 01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
|-------------------|------|------|------|

## PLANTA BAJA. P02

|       |          |            |   |   |   |       |   |       |   |       |
|-------|----------|------------|---|---|---|-------|---|-------|---|-------|
| M2.N1 | EXTERIOR | M, FACHADA |   | 8 | 4 | 32,00 | 1 | 32,00 | 1 | 32,00 |
| M2.E1 | EXTERIOR | M, FACHADA |   | 8 | 4 | 32,00 | 1 | 32,00 | 1 | 32,00 |
| M2.S1 | EXTERIOR | M, FACHADA |   | 8 | 4 | 32,00 | 1 | 32,00 | 1 | 32,00 |
| M2.O1 | EXTERIOR | M, FACHADA |   | 8 | 4 | 32,00 | 1 | 32,00 | 1 | 32,00 |
| F2.1  | NH       | SUELO      | 8 | 8 |   | 64,00 | 1 | 64,00 | 0 | 0,00  |
| F3.1  | NH       | TECHO      | 8 | 8 |   | 64,00 | 1 | 64,00 | 0 | 0,00  |

|                   |        |        |        |
|-------------------|--------|--------|--------|
| TOTALES PLANTA 02 | 256,00 | 256,00 | 128,00 |
|-------------------|--------|--------|--------|

## PLANTA BAJOCUBIERTA. P03

|       |          |            |   |   |      |       |   |   |   |      |
|-------|----------|------------|---|---|------|-------|---|---|---|------|
| M2.N1 | EXTERIOR | M, FACHADA |   | 8 | 0,5  | 4,00  | 0 | 0 | 0 | 0,00 |
| M2.E1 | EXTERIOR | M, FACHADA |   | 8 | 0,5  | 4,00  | 0 | 0 | 0 | 0,00 |
| M2.S1 | EXTERIOR | M, FACHADA |   | 8 | 0,5  | 4,00  | 0 | 0 | 0 | 0,00 |
| M2.O1 | EXTERIOR | M, FACHADA |   | 8 | 0,5  | 4,00  | 0 | 0 | 0 | 0,00 |
| F3.1  | NH       | SUELO      | 8 | 8 |      | 64,00 | 0 | 0 | 0 | 0,00 |
| C3-N1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 8 |   | 5,65 | 22,60 | 0 | 0 | 0 | 0,00 |
| C3-E1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 8 |   | 5,65 | 22,60 | 0 | 0 | 0 | 0,00 |
| C3-S1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 8 |   | 5,65 | 22,60 | 0 | 0 | 0 | 0,00 |
| C3-O1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 8 |   | 5,65 | 22,60 | 0 | 0 | 0 | 0,00 |

|                   |        |      |      |
|-------------------|--------|------|------|
| TOTALES PLANTA 03 | 170,40 | 0,00 | 0,00 |
|-------------------|--------|------|------|

|                  |        |        |        |
|------------------|--------|--------|--------|
| TOTALES EDIFICIO | 426,40 | 256,00 | 128,00 |
|------------------|--------|--------|--------|

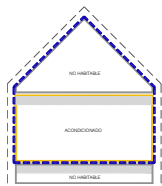
|                                                                          |        |
|--------------------------------------------------------------------------|--------|
| VOLUMEN TOTAL ENCERRADO EN LA ENVOLVENTE Y OBTENIDO EN LA TABLA ANTERIOR | 256,00 |
|--------------------------------------------------------------------------|--------|

COMPACIDAD DEL MODELO SEGÚN CTE\* CON ESTA CONFIGURACIÓN

256/128

2,00

(\*) Relación entre el volumen encerrado por la envolvente térmica (V) del edificio (o parte del edificio) y la suma de las superficies de intercambio térmico con el aire exterior o el terreno de dicha envolvente térmica ( $A = \sum A_i$ ). Se expresa en m³/m²



## GEOMETRÍA Y COMPACIDAD

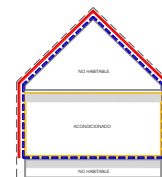
## OPCIÓN 1: Segunda configuración

Acondicionados: P.B

N.H.: Cámara sanitaria + B.J. Cubierta

Envolvente térmica según esquema

En rojo se resaltan los  
contactos de la  
envolvente térmica con  
el exterior o terreno



| PLANTAS           | ESPACIOS | IDENTIFICACIÓN | TIPO DE ESPACIO | ancho | largo | $\lambda \in a \text{ ET?}$<br>$\in \text{ET}=1$<br>$\notin \text{ET}=0$ | Sup. Planta dentro ET (m <sup>2</sup> ) | Sup. ÚTIL dentro ET (m <sup>2</sup> ) | Altura planta y espacios (m) | Volumen $\in \text{ET}$ (m <sup>3</sup> ) | Altura libre planta (m) | Volumen de "aire interior" $\in \text{ET}$ (m <sup>3</sup> ) |
|-------------------|----------|----------------|-----------------|-------|-------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------|
| P01               |          |                |                 |       |       |                                                                          |                                         |                                       |                              |                                           |                         |                                                              |
|                   | P01 E01  | Cáma Sanit     | NO HABIT.       | 8,00  | 8,00  | 0                                                                        | 0,00                                    | 0,00                                  | 1                            | 0,00                                      | 0,50                    | 0,00                                                         |
| TOTALES PLANTA 01 |          |                |                 |       |       |                                                                          | 0,00                                    | 0,00                                  |                              | 0,00                                      |                         | 0,00                                                         |
| P02               |          |                |                 |       |       |                                                                          |                                         |                                       |                              |                                           |                         |                                                              |
|                   | P02 E01  | P. Baja        | ACOND           | 8,00  | 8,00  | 1                                                                        | 64,00                                   | 64,00                                 | 4                            | 256,00                                    | 3,5                     | 224,00                                                       |
| TOTALES PLANTA 02 |          |                |                 |       |       |                                                                          | 64,00                                   | 64,00                                 |                              | 256,00                                    |                         | 224,00                                                       |
| P03               |          |                |                 |       |       |                                                                          |                                         |                                       | Equivalente*                 |                                           | Equivalente*            |                                                              |
|                   | P03 E01  | Bajo cubiert   | NO HABIT.       | 8,00  | 8,00  | 1                                                                        | 64,00                                   | 0,00                                  | 2,33                         | 149,12                                    | 1,83                    | 117,12                                                       |
| TOTALES PLANTA 03 |          |                |                 |       |       |                                                                          | 64,00                                   | 0,00                                  |                              | 149,12                                    |                         | 117,12                                                       |
| TOTALES EDIFICIO  |          |                |                 |       |       |                                                                          | 128,00                                  | 64,00                                 |                              | 405,12                                    |                         | 341,12                                                       |

(\*) HULC convierte el espacio del bajocubierta en un espacio de volumen equivalente dentro de un prisma de cubierta plana. Esta es la altura equivalente de dicho prisma medida desde el suelo terminado de esa planta a la cara exterior de la cubierta plana virtual.

| Código de cerramiento | Tipo de Contacto | Descripción | Ancho (m) | Largo (m) | Alto (m) | Sup. Total Cerramiento (m <sup>2</sup> ) | $\lambda \in a \text{ ET?}$<br>$\in \text{ET}=1$<br>$\notin \text{ET}=0$ | Sup. E.T. (m <sup>2</sup> ) | COMPUT COMPAC (*)<br>SI=1<br>NO=0 | S. COMPUT. COMPACIDAD (m <sup>2</sup> ) |
|-----------------------|------------------|-------------|-----------|-----------|----------|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------|
|-----------------------|------------------|-------------|-----------|-----------|----------|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------|

## PLANTA CÁMARA SANITARIA. P01

La planta 01 correspondiente al nivel de cámara sanitaria, no se incluye en ninguna de las opciones dentro de la envolvente térmica por lo que no se detallan en la tabla las características de sus cerramientos.

|                   |      |      |      |
|-------------------|------|------|------|
| TOTALES PLANTA 01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
|-------------------|------|------|------|

## PLANTA BAJA. P02

|       |          |            |   |   |       |   |       |   |       |
|-------|----------|------------|---|---|-------|---|-------|---|-------|
| M2.N1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 8 | 4 | 32,00 | 1 | 32,00 | 1 | 32,00 |
| M2.E1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 8 | 4 | 32,00 | 1 | 32,00 | 1 | 32,00 |
| M2.S1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 8 | 4 | 32,00 | 1 | 32,00 | 1 | 32,00 |
| M2.O1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 8 | 4 | 32,00 | 1 | 32,00 | 1 | 32,00 |
| F2.1  | NH       | SUELO      | 8 | 8 | 64,00 | 1 | 64,00 | 0 | 0,00  |
| F3.1  | NH       | TECHO      | 8 | 8 | 64,00 | 0 | 0,00  | 0 | 0,00  |

|                   |        |        |        |
|-------------------|--------|--------|--------|
| TOTALES PLANTA 02 | 256,00 | 192,00 | 128,00 |
|-------------------|--------|--------|--------|

## PLANTA BAJOCUBIERTA. P03

|       |          |            |   |     |       |   |      |   |       |
|-------|----------|------------|---|-----|-------|---|------|---|-------|
| M2.N1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 8 | 0,5 | 4,00  | 1 | 4    | 1 | 4,00  |
| M2.E1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 8 | 0,5 | 4,00  | 1 | 4    | 1 | 4,00  |
| M2.S1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 8 | 0,5 | 4,00  | 1 | 4    | 1 | 4,00  |
| M2.O1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 8 | 0,5 | 4,00  | 1 | 4    | 1 | 4,00  |
| F3.1  | NH       | SUELO      | 8 | 8   | 64,00 | 0 | 0    | 0 | 0,00  |
| C3-N1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 8 |     | 5,65  | 1 | 22,6 | 1 | 22,60 |
| C3-E1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 8 |     | 5,65  | 1 | 22,6 | 1 | 22,60 |
| C3-S1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 8 |     | 5,65  | 1 | 22,6 | 1 | 22,60 |
| C3-O1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 8 |     | 5,65  | 1 | 22,6 | 1 | 22,60 |

|                   |        |        |        |
|-------------------|--------|--------|--------|
| TOTALES PLANTA 03 | 170,40 | 106,40 | 106,40 |
|-------------------|--------|--------|--------|

|                  |        |        |        |
|------------------|--------|--------|--------|
| TOTALES EDIFICIO | 426,40 | 298,40 | 234,40 |
|------------------|--------|--------|--------|

|                                                                          |        |
|--------------------------------------------------------------------------|--------|
| VOLUMEN TOTAL ENCERRADO EN LA ENVOLVENTE Y OBTENIDO EN LA TABLA ANTERIOR | 405,12 |
|--------------------------------------------------------------------------|--------|

COMPACIDAD DEL MODELO SEGÚN CTE\* CON ESTA CONFIGURACIÓN

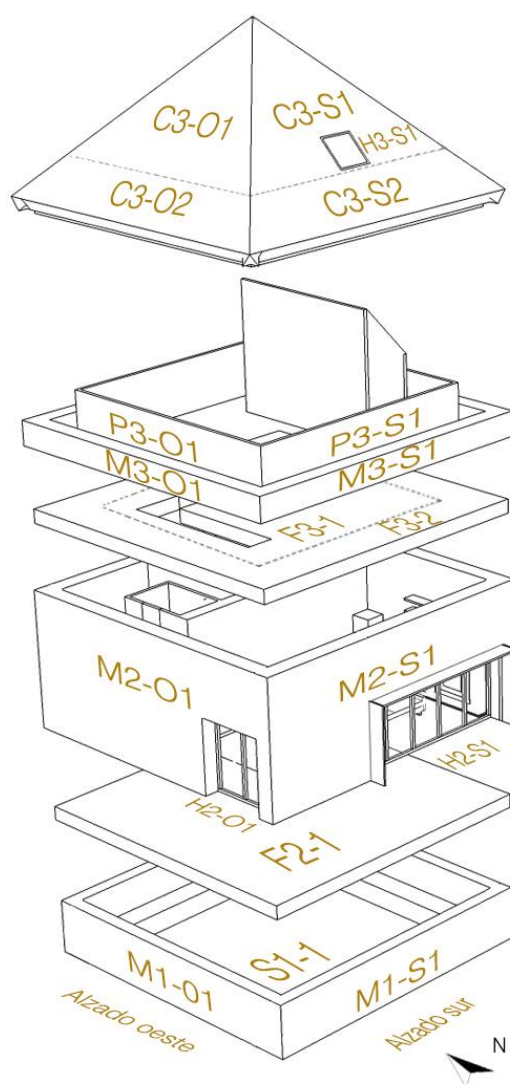
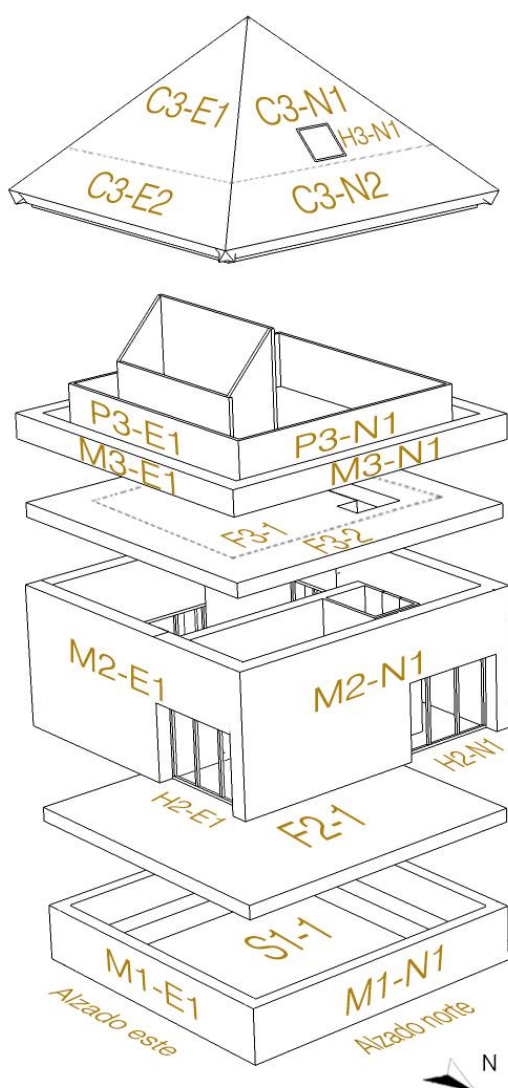
405,1/234,4

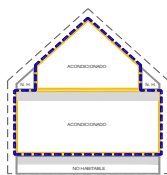
1,73

(\*) Relación entre el volumen encerrado por la envolvente térmica (V) del edificio (o partedel edificio) y la suma de las superficies de intercambio térmico con el aire exterior o el terreno de dicha envolvente térmica ( $A = \sum A_i$ ). Se expresa en m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>

## OPCIÓN 2

De la misma forma para la opción 2,



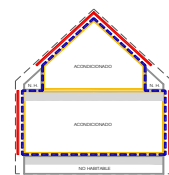


## GEOMETRÍA Y COMPACIDAD

## OPCIÓN 2: Primera configuración

Acondicionados: P.B Ocupación parcial BJ cubierta  
N.H.: Cámara sanitaria  
Envolvente térmica según esquema

En rojo se resaltan los  
contactos de la  
envolvente térmica con  
el exterior o terreno



| PLANTAS                  | ESPACIOS | IDENTIFICACIÓN | TIPO DE ESPACIO | ancho | largo | $\angle \in a ET?$<br>$\notin ET=0$ | Sup.Planta dentro ET (m²) | Sup.ÚTIL dentro ET (m²) | Altura planta y espacios (m) | Volumen $\in ET$ (m³) | Altura libre planta (m) | Volumen, de *aire interior* $\in ET$ (m³) |
|--------------------------|----------|----------------|-----------------|-------|-------|-------------------------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------------------------|
| <b>P01</b>               |          |                |                 |       |       |                                     |                           |                         |                              |                       |                         |                                           |
|                          | P01 E01  | Cáma Sanit     | NO HABIT.       | 8,00  | 8,00  | 0                                   | 0,00                      | 0,00                    | 1                            | 0,00                  | 0,50                    | 0,00                                      |
| <b>TOTALES PLANTA 01</b> |          |                |                 |       |       |                                     | <b>0,00</b>               | <b>0,00</b>             |                              | <b>0,00</b>           |                         | <b>0,00</b>                               |
| <b>P02</b>               |          |                |                 |       |       |                                     |                           |                         |                              |                       |                         |                                           |
|                          | P02 E01  | P. Baja        | ACOND           | 8,00  | 8,00  | 1                                   | 64,00                     | 64,00                   | 4                            | 256,00                | 3,5                     | 224,00                                    |
| <b>TOTALES PLANTA 02</b> |          |                |                 |       |       |                                     | <b>64,00</b>              | <b>64,00</b>            |                              | <b>256,00</b>         |                         | <b>224,00</b>                             |
| <b>P03</b>               |          |                |                 |       |       |                                     |                           |                         | Equivalente*                 |                       | Equivalente*            |                                           |
|                          | P03 E01  | Bajo cubiert   | NO HABIT.       | 14,00 | 1,00  | 0                                   | 0,00                      | 0,00                    | 2,33                         | 0,00                  | 1,83                    | 0,00                                      |
|                          | P03 E02  | Bajo cubiert   | NO HABIT.       | 14,00 | 1,00  | 0                                   | 0,00                      | 0,00                    | 2,33                         | 0,00                  | 1,83                    | 0,00                                      |
|                          | P03 E03  | Bajo cubiert   | ACOND           | 6,00  | 6,00  | 1                                   | 36,00                     | 36,00                   | 2,33                         | 83,88                 | 1,83                    | 65,88                                     |
| <b>TOTALES PLANTA 03</b> |          |                |                 |       |       |                                     | <b>36,00</b>              | <b>36,00</b>            |                              | <b>83,88</b>          |                         | <b>65,88</b>                              |
| <b>TOTALES EDIFICIO</b>  |          |                |                 |       |       |                                     | <b>100,00</b>             | <b>100,00</b>           |                              | <b>339,88</b>         |                         | <b>289,88</b>                             |

(\*) HULC convierte el espacio del bajocubierta en un espacio de volumen equivalente dentro de un prisma de cubierta plana. Esta es la altura equivalente de dicho prisma medida desde el suelo terminado de esa planta a la cara exterior de la cubierta plana virtual (el volumn real de este espccio es ligeramente superior)

| Código de cerramiento | Tipo de Contacto | Descripción | Ancho (m) | Largo (m) | Alto (m) | Sup. Total Cerramiento (m²) | $\angle \in a ET?$<br>$\notin ET=0$ | Sup. E.T. (m²) | COMPUT COMPAC (*)<br>SI=1<br>NO=0 | S. COMPUT. COMPACIDAD (m²) |
|-----------------------|------------------|-------------|-----------|-----------|----------|-----------------------------|-------------------------------------|----------------|-----------------------------------|----------------------------|
|-----------------------|------------------|-------------|-----------|-----------|----------|-----------------------------|-------------------------------------|----------------|-----------------------------------|----------------------------|

## PLANTA CÁMARA SANITARIA. P01

La planta 01 correspondiente al nivel de cámara sanitaria, no se incluye en ninguna de las opciones dentro de la envolvente térmica por lo que no se detallan en la tabla las características de sus cerramientos.

|                          |  |  |  |  |  |             |  |             |  |             |
|--------------------------|--|--|--|--|--|-------------|--|-------------|--|-------------|
| <b>TOTALES PLANTA 01</b> |  |  |  |  |  | <b>0,00</b> |  | <b>0,00</b> |  | <b>0,00</b> |
|--------------------------|--|--|--|--|--|-------------|--|-------------|--|-------------|

## PLANTA BAJA. P02

|       |          |            |    |   |   |       |   |       |   |       |
|-------|----------|------------|----|---|---|-------|---|-------|---|-------|
| M2.N1 | EXTERIOR | M, FACHADA |    | 8 | 4 | 32,00 | 1 | 32,00 | 1 | 32,00 |
| M2.E1 | EXTERIOR | M, FACHADA |    | 8 | 4 | 32,00 | 1 | 32,00 | 1 | 32,00 |
| M2.S1 | EXTERIOR | M, FACHADA |    | 8 | 4 | 32,00 | 1 | 32,00 | 1 | 32,00 |
| M2.O1 | EXTERIOR | M, FACHADA |    | 8 | 4 | 32,00 | 1 | 32,00 | 1 | 32,00 |
| F2.1  | NH       | SUELO      | 8  | 8 |   | 64,00 | 1 | 64,00 | 0 | 0,00  |
| F3.1  | ACOND    | TECHO      | 6  | 6 |   | 36,00 | 0 | 0,00  | 0 | 0,00  |
| F3.2  | NH       | TECHO      | 28 | 1 |   | 28,00 | 1 | 28,00 | 0 | 0,00  |

|                          |  |  |  |  |  |               |  |               |  |               |
|--------------------------|--|--|--|--|--|---------------|--|---------------|--|---------------|
| <b>TOTALES PLANTA 02</b> |  |  |  |  |  | <b>256,00</b> |  | <b>220,00</b> |  | <b>128,00</b> |
|--------------------------|--|--|--|--|--|---------------|--|---------------|--|---------------|

## PLANTA BAJOCUBIERTA. P03

|       |          |            |    |   |      |       |   |       |   |       |
|-------|----------|------------|----|---|------|-------|---|-------|---|-------|
| M2.N1 | EXTERIOR | M, FACHADA |    | 8 | 0,5  | 4,00  | 0 | 0     | 0 | 0,00  |
| M2.E1 | EXTERIOR | M, FACHADA |    | 8 | 0,5  | 4,00  | 0 | 0     | 0 | 0,00  |
| M2.S1 | EXTERIOR | M, FACHADA |    | 8 | 0,5  | 4,00  | 0 | 0     | 0 | 0,00  |
| M2.O1 | EXTERIOR | M, FACHADA |    | 8 | 0,5  | 4,00  | 0 | 0     | 0 | 0,00  |
| F3.1  | ACOND    | SUELO      | 6  | 6 |      | 36,00 | 0 | 0     | 0 | 0,00  |
| F3.2  | ACOND    | SUELO      | 28 | 1 |      | 28,00 | 0 | 0     | 0 | 0,00  |
| C3-N1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 6  |   | 4,24 | 12,73 | 1 | 12,73 | 1 | 12,73 |
| C3-E1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 6  |   | 4,24 | 12,73 | 1 | 12,73 | 1 | 12,73 |
| C3-S1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 6  |   | 4,24 | 12,73 | 1 | 12,73 | 1 | 12,73 |
| C3-O1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 6  |   | 4,24 | 12,73 | 1 | 12,73 | 1 | 12,73 |
| C3-N2 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 8  | 6 | 1,41 | 9,87  | 0 | 0     | 0 | 0,00  |
| C3-E2 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 6  | 6 | 1,41 | 8,46  | 0 | 0     | 0 | 0,00  |
| C3-S2 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 6  | 6 | 1,41 | 8,46  | 0 | 0     | 0 | 0,00  |
| C3-O2 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 6  | 6 | 1,41 | 8,46  | 0 | 0     | 0 | 0,00  |
| P3-N1 | N.H.     | PARTICIÓN  | 6  |   | 1,50 | 9,00  | 1 | 9     | 0 | 0,00  |
| P3-E1 | N.H.     | PARTICIÓN  | 6  |   | 1,50 | 9,00  | 1 | 9     | 0 | 0,00  |
| P3-S1 | N.H.     | PARTICIÓN  | 6  |   | 1,50 | 9,00  | 1 | 9     | 0 | 0,00  |
| P3-O1 | N.H.     | PARTICIÓN  | 6  |   | 1,50 | 9,00  | 1 | 9     | 0 | 0,00  |

|                          |  |  |  |  |  |               |  |              |  |              |
|--------------------------|--|--|--|--|--|---------------|--|--------------|--|--------------|
| <b>TOTALES PLANTA 03</b> |  |  |  |  |  | <b>202,16</b> |  | <b>86,91</b> |  | <b>50,91</b> |
|--------------------------|--|--|--|--|--|---------------|--|--------------|--|--------------|

|                         |  |  |  |  |  |               |  |               |  |               |
|-------------------------|--|--|--|--|--|---------------|--|---------------|--|---------------|
| <b>TOTALES EDIFICIO</b> |  |  |  |  |  | <b>458,16</b> |  | <b>306,91</b> |  | <b>178,91</b> |
|-------------------------|--|--|--|--|--|---------------|--|---------------|--|---------------|

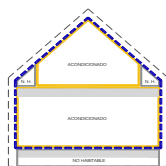
|                                                                          |               |
|--------------------------------------------------------------------------|---------------|
| VOLUMEN TOTAL ENCERRADO EN LA ENVOLVENTE Y OBTENIDO EN LA TABLA ANTERIOR | <b>339,88</b> |
|--------------------------------------------------------------------------|---------------|

COMPACIDAD DEL MODELO SEGÚN CTE\* CON ESTA CONFIGURACIÓN

339,8/178,9

**1,90**

(\*) Relación entre el volumen encerrado por la envolvente térmica (V) del edificio (o partedel edificio) y la suma de las superficies de intercambio térmico con el aire exterior o el terreno de dicha envolvente térmica ( $A = \sum A_i$ ). Se expresa en m³/m²



## GEOMETRÍA Y COMPACIDAD

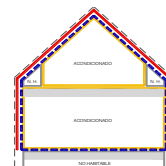
## OPCIÓN 2: Segunda configuración

Acondicionados: P.B Ocupación parcial BJ cubierta

N.H.: Cámara sanitaria

Envolvente térmica según esquema

En rojo se resaltan los  
contactos de la  
envolvente térmica con  
el exterior o terreno



| PLANTAS           | ESPACIOS | IDENTIFICACIÓN | TIPO DE ESPACIO | ancho | largo | $\sum \epsilon$ a ET?<br>$\epsilon$ ET=1<br>$\neq$ ET=0 | Sup. Planta dentro ET (m <sup>2</sup> ) | Sup. ÚTIL dentro ET (m <sup>2</sup> ) | Altura planta y espacios (m) | Volumen $\epsilon$ ET (m <sup>3</sup> ) | Altura libre planta (m) | Volumen de "aire interior" $\epsilon$ ET (m <sup>3</sup> ) |
|-------------------|----------|----------------|-----------------|-------|-------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------|
| P01               |          |                |                 |       |       |                                                         |                                         |                                       |                              |                                         |                         |                                                            |
|                   | P01 E01  | Cáma Sanit     | NO HABIT.       | 8,00  | 8,00  | 0                                                       | 0,00                                    | 0,00                                  | 1                            | 0,00                                    | 0,50                    | 0,00                                                       |
| TOTALES PLANTA 01 |          |                |                 |       |       |                                                         | 0,00                                    | 0,00                                  |                              | 0,00                                    |                         | 0,00                                                       |
| P02               |          |                |                 |       |       |                                                         |                                         |                                       |                              |                                         |                         |                                                            |
|                   | P02 E01  | P. Baja        | ACOND           | 8,00  | 8,00  | 1                                                       | 64,00                                   | 64,00                                 | 4                            | 256,00                                  | 3,5                     | 224,00                                                     |
| TOTALES PLANTA 02 |          |                |                 |       |       |                                                         | 64,00                                   | 64,00                                 |                              | 256,00                                  |                         | 0,00                                                       |
| P03               |          |                |                 |       |       |                                                         |                                         |                                       | Equivalente*                 |                                         | Equivalente*            |                                                            |
|                   | P03 E01  | Bajo cubiert   | NO HABIT.       | 14,00 | 1,00  | 1                                                       | 14,00                                   | 0,00                                  | 2,33                         | 32,67                                   | 1,83                    | 25,67                                                      |
|                   | P03 E02  | Bajo cubiert   | NO HABIT.       | 14,00 | 1,00  | 1                                                       | 14,00                                   | 0,00                                  | 2,33                         | 32,67                                   | 1,83                    | 25,67                                                      |
|                   | P03 E03  | Bajo cubiert   | ACOND           | 6,00  | 6,00  | 1                                                       | 36,00                                   | 36,00                                 | 2,33                         | 84,00                                   | 1,83                    | 66,00                                                      |
| TOTALES PLANTA 03 |          |                |                 |       |       |                                                         | 64,00                                   | 36,00                                 |                              | 149,33                                  |                         | 117,33                                                     |
| TOTALES EDIFICIO  |          |                |                 |       |       |                                                         | 128,00                                  | 100,00                                |                              | 405,33                                  |                         | 117,33                                                     |

(\*) HULC convierte el espacio del bajocubierta en un espacio de volumen equivalente dentro de un prisma de cubierta plana. Esta es la altura equivalente de dicho prisma medida desde el suelo terminado de esa planta a la cara exterior de la cubierta plana virtual

| Código de cerramiento | Tipo de Contacto | Descripción | Ancho (m) | Largo (m) | Alto (m) | Sup. Total Cerramiento (m <sup>2</sup> ) | $\sum \epsilon$ a ET?<br>$\epsilon$ ET=1<br>$\neq$ ET=0 | Sup. E.T. (m <sup>2</sup> ) | COMPUT COMPAC (*)<br>SI=1<br>NO=0 | S. COMPUT. COMPACIDAD (m <sup>2</sup> ) |
|-----------------------|------------------|-------------|-----------|-----------|----------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------|
|-----------------------|------------------|-------------|-----------|-----------|----------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------|

## PLANTA CÁMARA SANITARIA. P01

La planta 01 correspondiente al nivel de cámara sanitaria, no se incluye en ninguna de las opciones dentro de la envolvente térmica por lo que no se detallan en la tabla las características de sus cerramientos.

|                   |      |      |      |
|-------------------|------|------|------|
| TOTALES PLANTA 01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
|-------------------|------|------|------|

## PLANTA BAJA. P02

|       |          |            |    |   |       |   |       |   |       |
|-------|----------|------------|----|---|-------|---|-------|---|-------|
| M2.N1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 8  | 4 | 32,00 | 1 | 32,00 | 1 | 32,00 |
| M2.E1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 8  | 4 | 32,00 | 1 | 32,00 | 1 | 32,00 |
| M2.S1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 8  | 4 | 32,00 | 1 | 32,00 | 1 | 32,00 |
| M2.O1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 8  | 4 | 32,00 | 1 | 32,00 | 1 | 32,00 |
| F2.1  | NH       | SUELO      | 8  | 8 | 64,00 | 1 | 64,00 | 0 | 0,00  |
| F3.1  | ACOND    | TECHO      | 6  | 6 | 36,00 | 0 | 0,00  | 0 | 0,00  |
| F3.2  | NH       | TECHO      | 28 | 1 | 28,00 | 1 | 28,00 | 0 | 0,00  |

|                   |        |        |        |
|-------------------|--------|--------|--------|
| TOTALES PLANTA 02 | 256,00 | 220,00 | 128,00 |
|-------------------|--------|--------|--------|

## PLANTA BAJOCUBIERTA. P03

|       |          |            |    |     |       |   |       |   |       |
|-------|----------|------------|----|-----|-------|---|-------|---|-------|
| M2.N1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 8  | 0,5 | 4,00  | 1 | 4     | 1 | 4,00  |
| M2.E1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 8  | 0,5 | 4,00  | 1 | 4     | 1 | 4,00  |
| M2.S1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 8  | 0,5 | 4,00  | 1 | 4     | 1 | 4,00  |
| M2.O1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 8  | 0,5 | 4,00  | 1 | 4     | 1 | 4,00  |
| F3.1  | ACOND    | SUELO      | 6  | 6   | 36,00 | 0 | 0     | 0 | 0,00  |
| F3.2  | ACOND    | SUELO      | 28 | 1   | 28,00 | 0 | 0     | 0 | 0,00  |
| C3-N1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 6  |     | 12,73 | 1 | 12,73 | 1 | 12,73 |
| C3-E1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 6  |     | 12,73 | 1 | 12,73 | 1 | 12,73 |
| C3-S1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 6  |     | 12,73 | 1 | 12,73 | 1 | 12,73 |
| C3-O1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 6  |     | 12,73 | 1 | 12,73 | 1 | 12,73 |
| C3-N2 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 8  | 6   | 9,87  | 1 | 9,87  | 1 | 9,87  |
| C3-E2 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 8  | 6   | 9,87  | 1 | 9,87  | 1 | 9,87  |
| C3-S2 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 8  | 6   | 9,87  | 1 | 9,87  | 1 | 9,87  |
| C3-O2 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 8  | 6   | 9,87  | 1 | 9,87  | 1 | 9,87  |
| P3-N1 | N.H.     | PARTICIÓN  | 6  |     | 9,00  | 0 | 0     | 0 | 0,00  |
| P3-E1 | N.H.     | PARTICIÓN  | 6  |     | 9,00  | 0 | 0     | 0 | 0,00  |
| P3-S1 | N.H.     | PARTICIÓN  | 6  |     | 9,00  | 0 | 0     | 0 | 0,00  |
| P3-O1 | N.H.     | PARTICIÓN  | 6  |     | 9,00  | 0 | 0     | 0 | 0,00  |

|                   |        |        |        |
|-------------------|--------|--------|--------|
| TOTALES PLANTA 03 | 206,39 | 106,39 | 106,39 |
|-------------------|--------|--------|--------|

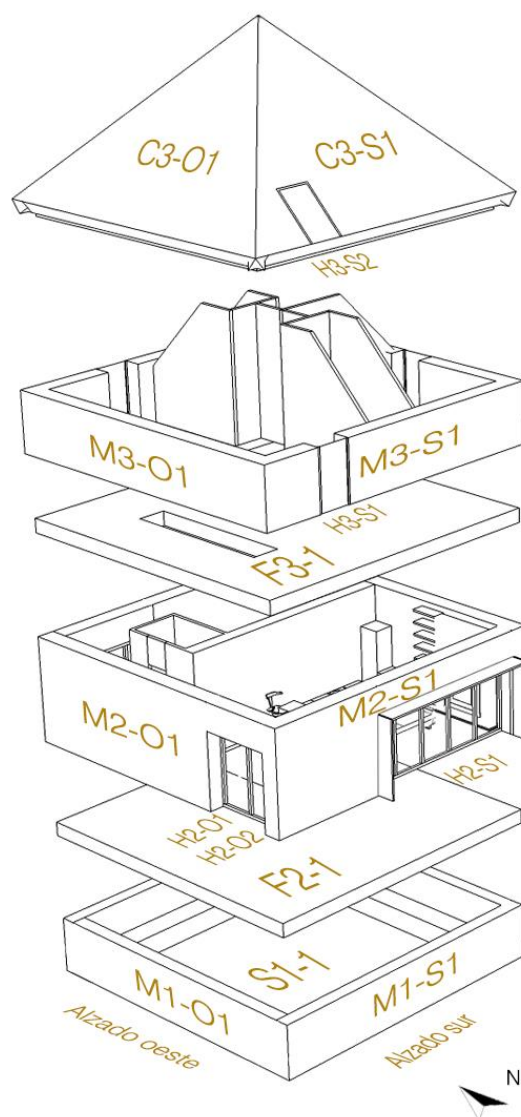
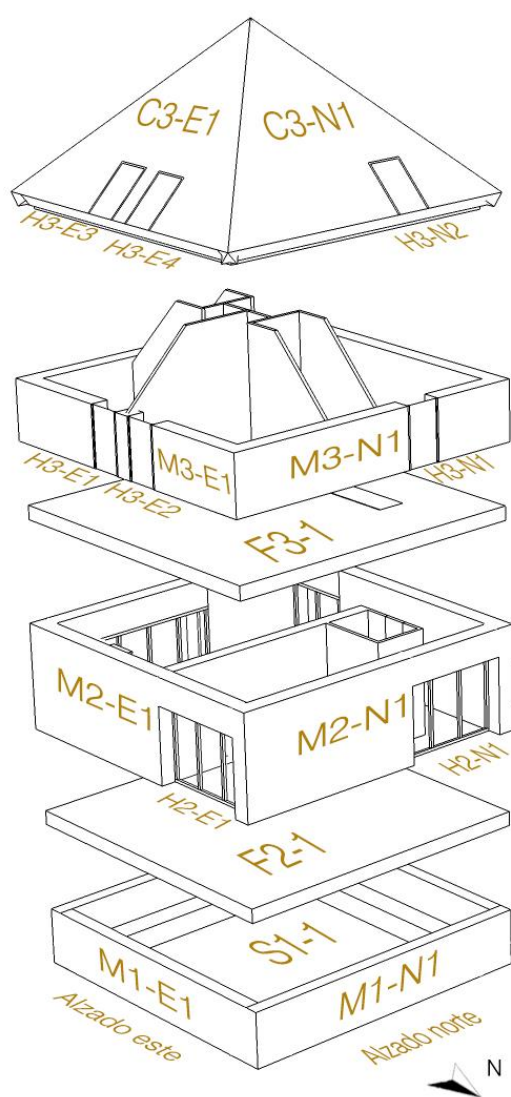
|                  |        |        |        |
|------------------|--------|--------|--------|
| TOTALES EDIFICIO | 462,39 | 326,39 | 234,39 |
|------------------|--------|--------|--------|

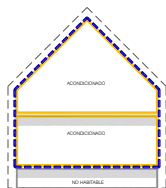
|                                                                          |        |                                                         |               |      |
|--------------------------------------------------------------------------|--------|---------------------------------------------------------|---------------|------|
| VOLUMEN TOTAL ENCERRADO EN LA ENVOLVENTE Y OBTENIDO EN LA TABLA ANTERIOR | 405,33 | COMPACIDAD DEL MODELO SEGÚN CTE* CON ESTA CONFIGURACIÓN | 405,33/234,39 | 1,73 |
|--------------------------------------------------------------------------|--------|---------------------------------------------------------|---------------|------|

(\*) Relación entre el volumen encerrado por la envolvente térmica (V) del edificio (o parte del edificio) y la suma de las superficies de intercambio térmico con el aire exterior o el terreno de dicha envolvente térmica ( $A = \sum A_i$ ). Se expresa en m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>

## OPCIÓN 3

Por último, para la opción 3,





## GEOMETRÍA Y COMPACIDAD

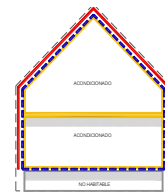
## OPCIÓN 3: configuración única

Acondicionados: P.B Ocupación completa BJ cubierta

N.H.:Cámara sanitaria

Envolvente térmica según esquema

En rojo se resaltan los  
contactos de la  
envolvente térmica con  
el exterior o terreno



| PLANTAS           | ESPACIOS | IDENTIFICACIÓN | TIPO DE ESPACIO | ancho | largo | $\lambda \in a$ ET?<br>$\in ET=1$<br>$\notin ET=0$ | Sup.Planta dentro ET (m <sup>2</sup> ) | Sup.ÚTIL dentro ET (m <sup>2</sup> ) | Altura planta y espacios (m) | Volumen $\in ET$ (m <sup>3</sup> ) | Altura libre planta (m) | Volumen, de "aire interior" $\in ET$ (m <sup>3</sup> ) |
|-------------------|----------|----------------|-----------------|-------|-------|----------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------|
| P01               |          |                |                 |       |       |                                                    |                                        |                                      |                              |                                    |                         |                                                        |
|                   | P01 E01  | Cáma Sanit     | NO HABIT.       | 8,00  | 8,00  | 0                                                  | 0,00                                   | 0,00                                 | 1                            | 0,00                               | 0,50                    | 0,00                                                   |
| TOTALES PLANTA 01 |          |                |                 |       |       |                                                    | 0,00                                   | 0,00                                 |                              | 0,00                               |                         | 0,00                                                   |
| P02               |          |                |                 |       |       |                                                    |                                        |                                      |                              |                                    |                         |                                                        |
|                   | P02 E01  | P. Baja        | ACOND           | 8,00  | 8,00  | 1                                                  | 64,00                                  | 64,00                                | 3                            | 192,00                             | 2,5                     | 160,00                                                 |
| TOTALES PLANTA 02 |          |                |                 |       |       |                                                    | 64,00                                  | 64,00                                |                              | 192,00                             |                         | 0,00                                                   |
| P03               |          |                |                 |       |       |                                                    |                                        |                                      | Equivalente*                 |                                    | Equivalente*            |                                                        |
|                   | P03 E01  | Bajo cubiert   | ACOND           | 8,00  | 8,00  | 1                                                  | 64,00                                  | 64,00                                | 3,33                         | 213,33                             | 2,83                    | 181,30                                                 |
| TOTALES PLANTA 03 |          |                |                 |       |       |                                                    | 64,00                                  | 64,00                                |                              | 213,33                             |                         | 181,30                                                 |
| TOTALES EDIFICIO  |          |                |                 |       |       |                                                    | 128,00                                 | 128,00                               |                              | 405,33                             |                         | 181,30                                                 |

(\*) HULC convierte el espacio del bajocubierta en un espacio de volumen equivalente dentro de un prisma de cubierta plana. Esta es la altura equivalente de dicho prisma medida desde el suelo terminado de esa planta a la cara exterior de la cubierta plana virtual

| Código de cerramiento | Tipo de Contacto | Descripción | Ancho (m) | Largo (m) | Alto (m) | Sup. Total Cerramiento (m <sup>2</sup> ) | $\lambda \in a$ ET?<br>$\in ET=1$<br>$\notin ET=0$ | Sup. E.T. (m <sup>2</sup> ) | COMPUT COMPAC (*)<br>SI=1<br>NO=0 | S. COMPUT. COMPACIDAD (m <sup>2</sup> ) |
|-----------------------|------------------|-------------|-----------|-----------|----------|------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------|
|-----------------------|------------------|-------------|-----------|-----------|----------|------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------|

## PLANTA CÁMARA SANITARIA. P01

La planta 01 correspondiente al nivel de cámara sanitaria, no se incluye en ninguna de las opciones dentro de la envolvente térmica por lo que no se detallan en la tabla las características de sus cerramientos.

|                   |      |      |      |
|-------------------|------|------|------|
| TOTALES PLANTA 01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
|-------------------|------|------|------|

## PLANTA BAJA. P02

|       |          |            |   |   |   |       |   |       |   |       |
|-------|----------|------------|---|---|---|-------|---|-------|---|-------|
| M2.N1 | EXTERIOR | M, FACHADA |   | 8 | 3 | 24,00 | 1 | 24,00 | 1 | 24,00 |
| M2.E1 | EXTERIOR | M, FACHADA |   | 8 | 3 | 24,00 | 1 | 24,00 | 1 | 24,00 |
| M2.S1 | EXTERIOR | M, FACHADA |   | 8 | 3 | 24,00 | 1 | 24,00 | 1 | 24,00 |
| M2.O1 | EXTERIOR | M, FACHADA |   | 8 | 3 | 24,00 | 1 | 24,00 | 1 | 24,00 |
| F2.1  | NH       | SUELO      | 8 | 8 |   | 64,00 | 1 | 64,00 | 0 | 0,00  |
| F3.1  | NH       | TECHO      | 8 | 8 |   | 64,00 | 0 | 0,00  | 0 | 0,00  |

|                   |        |        |       |
|-------------------|--------|--------|-------|
| TOTALES PLANTA 02 | 224,00 | 160,00 | 96,00 |
|-------------------|--------|--------|-------|

## PLANTA BAJOCUBIERTA. P03

|       |          |            |   |   |      |       |   |      |   |       |
|-------|----------|------------|---|---|------|-------|---|------|---|-------|
| M2.N1 | EXTERIOR | M, FACHADA |   | 8 | 1,5  | 12,00 | 1 | 12   | 1 | 12,00 |
| M2.E1 | EXTERIOR | M, FACHADA |   | 8 | 1,5  | 12,00 | 1 | 12   | 1 | 12,00 |
| M2.S1 | EXTERIOR | M, FACHADA |   | 8 | 1,5  | 12,00 | 1 | 12   | 1 | 12,00 |
| M2.O1 | EXTERIOR | M, FACHADA |   | 8 | 1,5  | 12,00 | 1 | 12   | 1 | 12,00 |
| F3.1  | NH       | SUELO      | 8 | 8 |      | 64,00 | 0 | 0    | 0 | 0,00  |
| C3-N1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 8 |   | 5,65 | 22,60 | 1 | 22,6 | 1 | 22,60 |
| C3-E1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 8 |   | 5,65 | 22,60 | 1 | 22,6 | 1 | 22,60 |
| C3-S1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 8 |   | 5,65 | 22,60 | 1 | 22,6 | 1 | 22,60 |
| C3-O1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 8 |   | 5,65 | 22,60 | 1 | 22,6 | 1 | 22,60 |

|                   |        |        |        |
|-------------------|--------|--------|--------|
| TOTALES PLANTA 03 | 202,40 | 138,40 | 138,40 |
|-------------------|--------|--------|--------|

|                  |        |        |        |
|------------------|--------|--------|--------|
| TOTALES EDIFICIO | 426,40 | 298,40 | 234,40 |
|------------------|--------|--------|--------|

|                                                                          |        |
|--------------------------------------------------------------------------|--------|
| VOLUMEN TOTAL ENCERRADO EN LA ENVOLVENTE Y OBTENIDO EN LA TABLA ANTERIOR | 405,33 |
|--------------------------------------------------------------------------|--------|

COMPACIDAD DEL MODELO SEGÚN CTE\* CON ESTA CONFIGURACIÓN

405,33/234,4

1,73

(\*) Relación entre el volumen encerrado por la envolvente térmica (V) del edificio (o partedel edificio) y la suma de las superficies de intercambio térmico con el aire exterior o el terreno de dicha envolvente térmica ( $A = \sum A_i$ ). Se expresa en m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>

## ET

## 2. Condiciones de la envolvente térmica

En este apartado, se van a comprobar un total de 5 requisitos que afectan a la envolvente térmica del edificio y que le son de aplicación por su uso (residencial privado) y alcance de la intervención (proyecto de obra nueva):

## REFERIDOS A LA TRANSMITANCIA TÉRMICA

## 1. LÍMITE EN LA TRANSMITANCIA DE CADA ELEMENTO DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

Tabla 3.1.1.a - HE1

## DATOS PREVIOS

\* Zona climática de invierno

E

\* Transmitancia térmica de cada elemento de la ET ( $W/m^2 \cdot K$ )

U

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

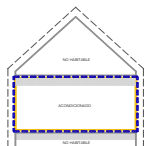
| TIPO DE CERRAMIENTO                                                                                                                                                      | $\alpha$ | A   | B    | C    | D    | E    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----|------|------|------|------|
| Muros y suelos en contacto con el aire exterior (US, UM)                                                                                                                 | 0,8      | 0,7 | 0,56 | 0,49 | 0,41 | 0,37 |
| Cubiertas en contacto con el aire exterior (UC)                                                                                                                          | 0,55     | 0,5 | 0,44 | 0,4  | 0,35 | 0,33 |
| Muros, suelos y cubiertas en contacto con espacios no habitables o con el terreno (UT) Medianerías o particiones interiores pertenecientes a la envolvente térmica (UMD) | 0,9      | 0,8 | 0,75 | 0,7  | 0,65 | 0,59 |
| Huecos (conjunto de marco, vidrio y, en su caso, cajón de persiana) (UH)*                                                                                                | 3,2      | 2,7 | 2,3  | 2,1  | 1,8  | 1,8  |
| Puertas con superficie semitransparente igual o inferior al 50%                                                                                                          | 5,7      |     |      |      |      |      |

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

Nuestro edificio, está situado en la zona climática de invierno “E”, y es esta la columna que se ha resaltado sobre la tabla de valores límite que se han de cumplir.

En las tres opciones de estudio se han utilizado de partida las mismas soluciones constructivas, pero la diferente configuración del perímetro de la envolvente térmica hace que algunos cerramientos según la variante elegida, tenga distintos requerimientos en cada configuración.

La justificación del cumplimiento se realiza en los siguientes cuadros ordenados por opciones de estudio de igual forma que en los apartados anteriores. En dichos cuadros, se resalta en color azul aquellos elementos sujetos al cumplimiento de estos valores límite por pertenecer a la envolvente térmica.

**OPCIÓN 1: Primera configuración**

Acondicionados: P.B  
N.H.: Cámara sanitaria + B.J. Cubierta  
Envolvente térmica según esquema

## TRANSMITANCIA TÉRMICA EN COMPONENTES DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

| Código del elemento | Tipo de Contacto | Descripción | Ancho (m) | Largo (m) | Alto (m) | Sup. Total Cerramiento (m²) | $\lambda \in \text{a ET?}$<br>$\in \text{ET} = 1$<br>$\notin \text{ET} = 0$ | Sup. Parte OPACA (m²) | Sup. HUECO (m²) | Sup. E.T. (m²) | U W/m²K | U <sub>lim</sub> W/m²K | Cumplimiento Valores límite |
|---------------------|------------------|-------------|-----------|-----------|----------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------|----------------|---------|------------------------|-----------------------------|
|---------------------|------------------|-------------|-----------|-----------|----------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------|----------------|---------|------------------------|-----------------------------|

## PLANTA CÁMARA SANITARIA. P01

La planta 01 correspondiente al nivel de cámara sanitaria, no se incluye en ninguna de las opciones dentro de la envolvente térmica por lo que no se detallan en la tabla las características de sus cerramientos.

|                   |      |      |      |      |           |
|-------------------|------|------|------|------|-----------|
| TOTALES PLANTA 01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | NO APLICA |
|-------------------|------|------|------|------|-----------|

## PLANTA BAJA. P02

|       |          |            |  |   |     |       |   |       |       |       |      |      |        |
|-------|----------|------------|--|---|-----|-------|---|-------|-------|-------|------|------|--------|
| M2-N1 | EXTERIOR | M, FACHADA |  | 8 | 4   | 32,00 | 1 | 25,40 |       | 25,40 | 0,22 | 0,37 | CUMPLE |
| H2-N1 | EXTERIOR | VENTANA    |  | 3 | 2,2 |       | 1 |       | 6,60  | 6,60  | 1,14 | 1,80 | CUMPLE |
| M2-E1 | EXTERIOR | M, FACHADA |  | 8 | 4   | 32,00 | 1 | 25,40 |       | 25,40 | 0,22 | 0,37 | CUMPLE |
| H2-E1 | EXTERIOR | VENTANA    |  | 3 | 2,2 |       | 1 |       | 6,60  | 6,60  | 1,14 | 1,80 | CUMPLE |
| M2-S1 | EXTERIOR | M, FACHADA |  | 8 | 4   | 32,00 | 1 | 21,00 |       | 21,00 | 0,22 | 0,37 | CUMPLE |
| H2-S1 | EXTERIOR | VENTANA    |  | 5 | 2,2 |       | 1 |       | 11,00 | 11,00 | 1,14 | 1,80 | CUMPLE |
| M2-O1 | EXTERIOR | M, FACHADA |  | 8 | 4   | 32,00 | 1 | 27,60 |       | 27,60 | 0,22 | 0,37 | CUMPLE |
| H2-O1 | EXTERIOR | PUERTA     |  | 1 | 2,2 |       | 1 |       | 2,20  | 2,20  | 2,20 | 5,70 | CUMPLE |
| H2-O2 | EXTERIOR | VENTANA    |  | 1 | 2,2 |       | 1 |       | 2,20  | 2,20  | 1,14 | 1,80 | CUMPLE |

|      |    |       |   |   |  |       |   |       |  |       |      |      |        |
|------|----|-------|---|---|--|-------|---|-------|--|-------|------|------|--------|
| F2.1 | NH | SUELO | 8 | 8 |  | 64,00 | 1 | 64,00 |  | 64,00 | 0,19 | 0,59 | CUMPLE |
| F3.1 | NH | TECHO | 8 | 8 |  | 64,00 | 1 | 64,00 |  | 64,00 | 0,16 | 0,59 | CUMPLE |

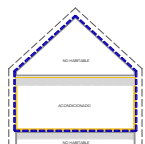
|                   |        |        |       |        |        |
|-------------------|--------|--------|-------|--------|--------|
| TOTALES PLANTA 02 | 256,00 | 227,40 | 28,60 | 256,00 | CUMPLE |
|-------------------|--------|--------|-------|--------|--------|

## PLANTA BAJOCUBIERTA. P03

|       |          |            |   |   |      |       |   |   |   |   |      |   |   |
|-------|----------|------------|---|---|------|-------|---|---|---|---|------|---|---|
| M2-N1 | EXTERIOR | M, FACHADA |   | 8 | 0,5  | 4,00  | 0 | - | - | 0 | 0,22 | - | - |
| M2-E1 | EXTERIOR | M, FACHADA |   | 8 | 0,5  | 4,00  | 0 | - | - | 0 | 0,22 | - | - |
| M2-S1 | EXTERIOR | M, FACHADA |   | 8 | 0,5  | 4,00  | 0 | - | - | 0 | 0,22 | - | - |
| M2-O1 | EXTERIOR | M, FACHADA |   | 8 | 0,5  | 4,00  | 0 | - | - | 0 | 0,22 | - | - |
| F3.1  | NH       | SUELO      | 8 | 8 |      | 64,00 | 0 | - | - | 0 | 0,16 | - | - |
| C3-N1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 8 |   | 5,65 | 22,60 | 0 | - | - | 0 | 0,17 | - | - |
| C3-E1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 8 |   | 5,65 | 22,60 | 0 | - | - | 0 | 0,17 | - | - |
| C3-S1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 8 |   | 5,65 | 22,60 | 0 | - | - | 0 | 0,17 | - | - |
| C3-O1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 8 |   | 5,65 | 22,60 | 0 | - | - | 0 | 0,17 | - | - |

|                   |        |      |      |      |           |
|-------------------|--------|------|------|------|-----------|
| TOTALES PLANTA 03 | 170,40 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | NO APLICA |
|-------------------|--------|------|------|------|-----------|

|                  |        |        |       |        |        |
|------------------|--------|--------|-------|--------|--------|
| TOTALES EDIFICIO | 426,40 | 227,40 | 28,60 | 256,00 | CUMPLE |
|------------------|--------|--------|-------|--------|--------|

**OPCIÓN 1: Segunda configuración**

Acondicionados: P.B  
N.H.: Cámara sanitaria + B.J. Cubierta  
Envolvente térmica según esquema

## TRANSMITANCIA TÉRMICA EN COMPONENTES DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

| Código del elemento | Tipo de Contacto | Descripción | Ancho (m) | Largo (m) | Alto (m) | Sup. Total Cerramiento (m²) | $\lambda \in \text{a ET?}$<br>$\in \text{ET} = 1$<br>$\notin \text{ET} = 0$ | Sup. Parte OPACA ET (m²) | Sup. HUECO ET (m²) | Sup. E.T. (m²) | U W/m²K | U <sub>lim</sub> W/m²K | Cumplimiento Valores límite |
|---------------------|------------------|-------------|-----------|-----------|----------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------|----------------|---------|------------------------|-----------------------------|
|---------------------|------------------|-------------|-----------|-----------|----------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------|----------------|---------|------------------------|-----------------------------|

## PLANTA CÁMARA SANITARIA. P01

La planta 01 correspondiente al nivel de cámara sanitaria, no se incluye en ninguna de las opciones dentro de la envolvente térmica por lo que no se detallan en la tabla las características de sus cerramientos.

|                   |      |      |      |      |           |
|-------------------|------|------|------|------|-----------|
| TOTALES PLANTA 01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | NO APLICA |
|-------------------|------|------|------|------|-----------|

## PLANTA BAJA. P02

|       |          |            |  |   |     |       |   |       |       |       |      |      |        |
|-------|----------|------------|--|---|-----|-------|---|-------|-------|-------|------|------|--------|
| M2-N1 | EXTERIOR | M, FACHADA |  | 8 | 4   | 32,00 | 1 | 25,40 |       | 25,40 | 0,22 | 0,37 | CUMPLE |
| H2-N1 | EXTERIOR | VENTANA    |  | 3 | 2,2 |       | 1 |       | 6,60  | 6,60  | 1,14 | 1,80 | CUMPLE |
| M2-E1 | EXTERIOR | M, FACHADA |  | 8 | 4   | 32,00 | 1 | 25,40 |       | 25,40 | 0,22 | 0,37 | CUMPLE |
| H2-E1 | EXTERIOR | VENTANA    |  | 3 | 2,2 |       | 1 |       | 6,60  | 6,60  | 1,14 | 1,80 | CUMPLE |
| M2-S1 | EXTERIOR | M, FACHADA |  | 8 | 4   | 32,00 | 1 | 21,00 |       | 21,00 | 0,22 | 0,37 | CUMPLE |
| H2-S1 | EXTERIOR | VENTANA    |  | 5 | 2,2 |       | 1 |       | 11,00 | 11,00 | 1,14 | 1,80 | CUMPLE |
| M2-O1 | EXTERIOR | M, FACHADA |  | 8 | 4   | 32,00 | 1 | 27,60 |       | 27,60 | 0,22 | 0,37 | CUMPLE |
| H2-O1 | EXTERIOR | PUERTA     |  | 1 | 2,2 |       | 1 |       | 2,20  | 2,20  | 2,20 | 5,70 | CUMPLE |
| H2-O2 | EXTERIOR | VENTANA    |  | 1 | 2,2 |       | 1 |       | 2,20  | 2,20  | 1,14 | 1,80 | CUMPLE |

|      |    |       |   |   |  |       |   |       |  |       |      |      |        |
|------|----|-------|---|---|--|-------|---|-------|--|-------|------|------|--------|
| F2.1 | NH | SUELO | 8 | 8 |  | 64,00 | 1 | 64,00 |  | 64,00 | 0,19 | 0,59 | CUMPLE |
| F3.1 | NH | TECHO | 8 | 8 |  | 64,00 | 0 | -     |  | 0,00  | 0,16 | -    | -      |

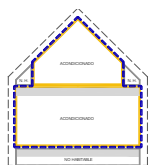
|                   |        |        |       |        |        |
|-------------------|--------|--------|-------|--------|--------|
| TOTALES PLANTA 02 | 256,00 | 163,40 | 28,60 | 192,00 | CUMPLE |
|-------------------|--------|--------|-------|--------|--------|

## PLANTA BAJOCUBIERTA. P03

|       |          |            |   |   |      |       |   |       |   |      |      |      |        |
|-------|----------|------------|---|---|------|-------|---|-------|---|------|------|------|--------|
| M2-N1 | EXTERIOR | M, FACHADA |   | 8 | 0,5  | 4,00  | 1 | 4,00  | - | 4    | 0,22 | 0,37 | CUMPLE |
| M2-E1 | EXTERIOR | M, FACHADA |   | 8 | 0,5  | 4,00  | 1 | 4,00  | - | 4    | 0,22 | 0,37 | CUMPLE |
| M2-S1 | EXTERIOR | M, FACHADA |   | 8 | 0,5  | 4,00  | 1 | 4,00  | - | 4    | 0,22 | 0,37 | CUMPLE |
| M2-O1 | EXTERIOR | M, FACHADA |   | 8 | 0,5  | 4,00  | 1 | 4,00  | - | 4    | 0,22 | 0,37 | CUMPLE |
| F3.1  | NH       | SUELO      | 8 | 8 |      | 64,00 | 0 | -     | - | 0    | 0,16 | -    | -      |
| C3-N1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 8 |   | 5,65 | 22,60 | 1 | 22,60 | - | 22,6 | 0,17 | 0,33 | CUMPLE |
| C3-E1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 8 |   | 5,65 | 22,60 | 1 | 22,60 | - | 22,6 | 0,17 | 0,33 | CUMPLE |
| C3-S1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 8 |   | 5,65 | 22,60 | 1 | 22,60 | - | 22,6 | 0,17 | 0,33 | CUMPLE |
| C3-O1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 8 |   | 5,65 | 22,60 | 1 | 22,60 | - | 22,6 | 0,17 | 0,33 | CUMPLE |

|                   |        |        |      |        |        |
|-------------------|--------|--------|------|--------|--------|
| TOTALES PLANTA 03 | 170,40 | 106,40 | 0,00 | 106,40 | CUMPLE |
|-------------------|--------|--------|------|--------|--------|

|                  |        |        |       |        |        |
|------------------|--------|--------|-------|--------|--------|
| TOTALES EDIFICIO | 426,40 | 269,80 | 28,60 | 298,40 | CUMPLE |
|------------------|--------|--------|-------|--------|--------|

**OPCIÓN 2: Primera configuración**

Acondicionados: P.B Ocupación parcial BJ cubierta  
N.H.: Cámara sanitaria  
Envolvente térmica según esquema

## TRANSMITANCIA TÉRMICA EN COMPONENTES DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

| Código del elemento | Tipo de Contacto | Descripción | Ancho (m) | Largo (m) | Alto (m) | Sup. Total Cerramiento (m²) | ¿e a ET?<br>e ET=1<br>e ET=0 | Sup. Parte OPACA (m²) | Sup. HUECO (m²) | Sup. E.T. (m²) | U W/m²K | U <sub>lim</sub> W/m²K | Cumplimiento Valores límite |
|---------------------|------------------|-------------|-----------|-----------|----------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------|-----------------|----------------|---------|------------------------|-----------------------------|
|---------------------|------------------|-------------|-----------|-----------|----------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------|-----------------|----------------|---------|------------------------|-----------------------------|

## PLANTA CÁMARA SANITARIA. P01

La planta 01 correspondiente al nivel de cámara sanitaria, no se incluye en ninguna de las opciones dentro de la envolvente térmica por lo que no se detallan en la tabla las características de sus cerramientos.

|                   |      |      |      |      |           |
|-------------------|------|------|------|------|-----------|
| TOTALES PLANTA 01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | NO APLICA |
|-------------------|------|------|------|------|-----------|

## PLANTA BAJA. P02

|                  |          |            |    |     |       |   |       |       |       |      |      |        |
|------------------|----------|------------|----|-----|-------|---|-------|-------|-------|------|------|--------|
| PLANTA BARRA 002 |          |            |    |     |       |   |       |       |       |      |      |        |
| M2-N1            | EXTERIOR | M, FACHADA | 8  | 4   | 32,00 | 1 | 25,40 |       | 25,40 | 0,22 | 0,37 | CUMPLE |
| H2-N1            | EXTERIOR | VENTANA    | 3  | 2,2 |       | 1 |       | 6,60  | 6,60  | 1,14 | 1,80 | CUMPLE |
| M2-E1            | EXTERIOR | M, FACHADA | 8  | 4   | 32,00 | 1 | 25,40 |       | 25,40 | 0,22 | 0,37 | CUMPLE |
| H2-E1            | EXTERIOR | VENTANA    | 3  | 2,2 |       | 1 |       | 6,60  | 6,60  | 1,14 | 1,80 | CUMPLE |
| M2-S1            | EXTERIOR | M, FACHADA | 8  | 4   | 32,00 | 1 | 21,00 |       | 21,00 | 0,22 | 0,37 | CUMPLE |
| H2-S1            | EXTERIOR | VENTANA    | 5  | 2,2 |       | 1 |       | 11,00 | 11,00 | 1,14 | 1,80 | CUMPLE |
| M2-O1            | EXTERIOR | M, FACHADA | 8  | 4   | 32,00 | 1 | 27,60 |       | 27,60 | 0,22 | 0,37 | CUMPLE |
| H2-O1            | EXTERIOR | PUERTA     | 1  | 2,2 |       | 1 |       | 2,20  | 2,20  | 2,20 | 5,70 | CUMPLE |
| H2-O2            | EXTERIOR | VENTANA    | 1  | 2,2 |       | 1 |       | 2,20  | 2,20  | 1,14 | 1,80 | CUMPLE |
|                  |          |            |    |     |       |   |       |       |       |      |      |        |
| F2.1             | NH       | SUELO      | 8  | 8   | 64,00 | 1 | 64,00 |       | 64,00 | 0,19 | 0,59 | CUMPLE |
| F3.1             | ACOND    | TECHO      | 6  | 6   | 36,00 | 0 | -     | -     | 0,00  | 0,37 | -    |        |
| F3.2             | NH       | TECHO      | 28 | 1   | 28,00 | 1 | 28,00 | -     | 28,00 | 0,17 | 0,59 | CUMPLE |

## PLANTA BAJOCUBIERTA. P03

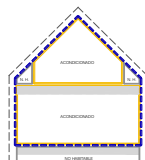
| PLANTA BAJOCUBIERTA. P.03 |          |            |    |     |    |           |       |            |       |            |       |               |      |       |    |        |      |
|---------------------------|----------|------------|----|-----|----|-----------|-------|------------|-------|------------|-------|---------------|------|-------|----|--------|------|
| M2-N1                     | EXTERIOR | M, FACHADA |    |     | 8  | 0,5       | 4,00  | 0          | -     | -          | 0     | 0,22          | -    | -     |    |        |      |
| M2-E1                     | EXTERIOR | M, FACHADA |    |     | 8  | 0,5       | 4,00  | 0          | -     | -          | 0     | 0,22          | -    | -     |    |        |      |
| M2-S1                     | EXTERIOR | M, FACHADA |    |     | 8  | 0,5       | 4,00  | 0          | -     | -          | 0     | 0,22          | -    | -     |    |        |      |
| M2-O1                     | EXTERIOR | M, FACHADA |    |     | 8  | 0,5       | 4,00  | 0          | -     | -          | 0     | 0,22          | -    | -     |    |        |      |
| F3.1                      | ACOND    | SUELO      | 6  |     | 6  |           | 36,00 | 0          | -     | -          | 0     | 0,37          | -    | -     |    |        |      |
| F3.2                      | NH       | SUELO      | YA | SE  | HA | COMPUTADO | SU    | SUPERFICIE | Y     | COMPROBADA | SU    | TRANSMITANCIA | COMO | TECHO | DE | PLANTA | BAJA |
| C3-N1                     | EXTERIOR | CUBIERTA   | 6  |     |    | 4,24      | 12,72 | 1          | 11,22 | -          | 11,22 | 0,17          | 0,33 |       |    | CUMPLE |      |
| H3-N1                     | EXTERIOR | LUCERNARIO | 1  | 1,5 |    |           |       | 1          |       | 1,50       | 1,5   | 1,29          | 1,80 |       |    | CUMPLE |      |
| C3-E1                     | EXTERIOR | CUBIERTA   | 6  |     |    | 4,24      | 12,72 | 1          | 12,72 | -          | 12,72 | 0,17          | 0,33 |       |    | CUMPLE |      |
| C3-S1                     | EXTERIOR | CUBIERTA   | 6  |     |    | 4,24      | 12,72 | 1          | 11,22 | -          | 11,22 | 0,17          | 0,33 |       |    | CUMPLE |      |
| H3-S1                     | EXTERIOR | LUCERNARIO | 1  | 1,5 |    |           |       | 1          |       | 1,50       | 1,5   | 1,29          | 1,80 |       |    | CUMPLE |      |
| C3-O1                     | EXTERIOR | CUBIERTA   | 6  |     |    | 4,24      | 12,72 | 1          | 12,72 | -          | 12,72 | 0,17          | 0,33 |       |    | CUMPLE |      |
| C3-N2                     | EXTERIOR | CUBIERTA   | 8  | 6   |    | 1,41      | 9,87  | 0          | -     | -          | -     | 0,17          | -    | -     | -  |        |      |
| C3-E2                     | EXTERIOR | CUBIERTA   | 8  | 6   |    | 1,41      | 9,87  | 0          | -     | -          | -     | 0,17          | -    | -     | -  |        |      |
| C3-S2                     | EXTERIOR | CUBIERTA   | 8  | 6   |    | 1,41      | 9,87  | 0          | -     | -          | -     | 0,17          | -    | -     | -  |        |      |
| C3-O2                     | EXTERIOR | CUBIERTA   | 8  | 6   |    | 1,41      | 9,87  | 0          | -     | -          | -     | 0,17          | -    | -     | -  |        |      |
| P3-N1                     | N.H.     | PARTICIÓN  | 6  |     |    | 1,50      | 9,00  | 1          | 9,00  |            | 9     | 0,46          | 0,59 |       |    | CUMPLE |      |
| P3-E1                     | N.H.     | PARTICIÓN  | 6  |     |    | 1,50      | 9,00  | 1          | 9,00  |            | 9     | 0,46          | 0,59 |       |    | CUMPLE |      |
| P3-S1                     | N.H.     | PARTICIÓN  | 6  |     |    | 1,50      | 9,00  | 1          | 9,00  |            | 9     | 0,46          | 0,59 |       |    | CUMPLE |      |
| P3-O1                     | N.H.     | PARTICIÓN  | 6  |     |    | 1,50      | 9,00  | 1          | 9,00  | -          | 9     | 0,46          | 0,59 |       |    | CUMPLE |      |

|                  |        |        |       |        |        |
|------------------|--------|--------|-------|--------|--------|
| TOTALES EDIFICIO | 434,36 | 275,28 | 31,60 | 306,88 | CUMPLE |
|------------------|--------|--------|-------|--------|--------|

En esta primera configuración de la OPCIÓN 2, la envolvente térmica incluye los cerramientos verticales que separan el espacio acondicionado de la planta bajocubierta respecto al NO HABITABLE que le rodea. También incluye la parte del forjado de esta planta bajocubierta que separa los espacios NO HABITABLES respecto a la planta baja (P01) acondicionada.

El valor límite que se fija en la *Tabla 3.1.1.a - HE1 Valores límite de transmitancia térmica*, establece que las medianeras y particiones interiores pertenecientes a la envolvente térmica para la zona climática de invierno "E", no han de superar una transmitancia límite de 0,59 W/m²K. El forjado medianero F3.2 (U: 0,17 W/m²K) si cumple este requisito, al igual que las particiones verticales con un valor de U: 0,46 W/m²K. En el caso de optar por esta configuración en proyecto, habrá que tener especial atención a la composición de estas particiones verticales y forjado. Normalmente por tratarse de particiones interiores no incorporan aislamiento térmico. En el caso de estar incluidos como elementos de la envolvente térmica deben disponer del aislamiento suficiente para cumplir el valor límite requerido.

En la sección de AYUDAS, se desarrolla el cálculo de la transmitancia de estos elementos singulares. Se trata de cerramientos que separan espacios acondicionados de espacios no habitables, que a su vez están en contacto con el aire exterior. El procedimiento de cálculo de su transmitancia [U] requiere una corrección respecto al procedimiento general empleado en los cerramientos en contacto con el exterior.



#### OPCIÓN 2: Segunda configuración

Acondicionados: P.B Ocupación parcial BJ cubierta

N.H.: Cámara sanitaria

Envolvente térmica según esquema

#### TRANSMITANCIA TÉRMICA EN COMPONENTES DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

| Código del elemento | Tipo de Contacto | Descripción | Ancho (m) | Largo (m) | Alto (m) | Sup. Total Cerramiento (m²) | ¿es a ET?<br>∈ ET=1<br>∉ ET=0 | Sup. Parte OPACA (m²) | Sup. HUECO (m²) | Sup. E.T. (m²) | U W/m²K | U <sub>lim</sub> W/m²K | Cumplimiento Valores límite |
|---------------------|------------------|-------------|-----------|-----------|----------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------|----------------|---------|------------------------|-----------------------------|
|---------------------|------------------|-------------|-----------|-----------|----------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------|----------------|---------|------------------------|-----------------------------|

#### PLANTA CÁMARA SANITARIA. P01

La planta 01 correspondiente al nivel de cámara sanitaria, no se incluye en ninguna de las opciones dentro de la envolvente térmica por lo que no se detallan en la tabla las características de sus cerramientos.

|                   |      |      |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |           |
|-------------------|------|------|------|------|--|--|--|--|--|--|--|--|-----------|
| TOTALES PLANTA 01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |  |  |  |  |  |  |  |  | NO APLICA |
|-------------------|------|------|------|------|--|--|--|--|--|--|--|--|-----------|

#### PLANTA BAJA. P02

|       |          |            |    |   |     |       |   |       |       |       |      |      |        |
|-------|----------|------------|----|---|-----|-------|---|-------|-------|-------|------|------|--------|
| M2-N1 | EXTERIOR | M, FACHADA |    | 8 | 4   | 32,00 | 1 | 25,40 |       | 25,40 | 0,22 | 0,37 | CUMPLE |
| H2-N1 | EXTERIOR | VENTANA    |    | 3 | 2,2 |       | 1 |       | 6,60  | 6,60  | 1,14 | 1,80 | CUMPLE |
| M2-E1 | EXTERIOR | M, FACHADA |    | 8 | 4   | 32,00 | 1 | 25,40 |       | 25,40 | 0,22 | 0,37 | CUMPLE |
| H2-E1 | EXTERIOR | VENTANA    |    | 3 | 2,2 |       | 1 |       | 6,60  | 6,60  | 1,14 | 1,80 | CUMPLE |
| M2-S1 | EXTERIOR | M, FACHADA |    | 8 | 4   | 32,00 | 1 | 21,00 |       | 21,00 | 0,22 | 0,37 | CUMPLE |
| H2-S1 | EXTERIOR | VENTANA    |    | 5 | 2,2 |       | 1 |       | 11,00 | 11,00 | 1,14 | 1,80 | CUMPLE |
| M2-O1 | EXTERIOR | M, FACHADA |    | 8 | 4   | 32,00 | 1 | 27,60 |       | 27,60 | 0,22 | 0,37 | CUMPLE |
| H2-O1 | EXTERIOR | PUERTA     |    | 1 | 2,2 |       | 1 |       | 2,20  | 2,20  | 2,20 | 5,70 | CUMPLE |
| H2-O2 | EXTERIOR | VENTANA    |    | 1 | 2,2 |       | 1 |       | 2,20  | 2,20  | 1,14 | 1,80 | CUMPLE |
| F2.1  | NH       | SUELO      | 8  | 8 |     | 64,00 | 1 | 64,00 |       | 64,00 | 0,19 | 0,59 | CUMPLE |
| F3.1  | ACOND    | TECHO      | 6  | 6 |     | 36,00 | 0 | -     | -     | 0,00  | 0,37 | -    | -      |
| F3.2  | NH       | TECHO      | 28 | 1 |     | 28,00 | 0 | -     | -     | 0,00  | 0,17 | -    | -      |

|                   |        |        |       |        |  |  |  |  |  |  |  |  |        |
|-------------------|--------|--------|-------|--------|--|--|--|--|--|--|--|--|--------|
| TOTALES PLANTA 02 | 256,00 | 163,40 | 28,60 | 192,00 |  |  |  |  |  |  |  |  | CUMPLE |
|-------------------|--------|--------|-------|--------|--|--|--|--|--|--|--|--|--------|

#### PLANTA BAJOCUBIERTA. P03

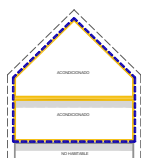
|       |          |            |    |     |      |       |   |       |      |       |      |      |        |
|-------|----------|------------|----|-----|------|-------|---|-------|------|-------|------|------|--------|
| M2-N1 | EXTERIOR | M, FACHADA |    | 8   | 0,5  | 4,00  | 1 | 4,00  | -    | 4     | 0,22 | 0,37 | CUMPLE |
| M2-E1 | EXTERIOR | M, FACHADA |    | 8   | 0,5  | 4,00  | 1 | 4,00  | -    | 4     | 0,22 | 0,37 | CUMPLE |
| M2-S1 | EXTERIOR | M, FACHADA |    | 8   | 0,5  | 4,00  | 1 | 4,00  | -    | 4     | 0,22 | 0,37 | CUMPLE |
| M2-O1 | EXTERIOR | M, FACHADA |    | 8   | 0,5  | 4,00  | 1 | 4,00  | -    | 4     | 0,22 | 0,37 | CUMPLE |
| F3.1  | NH       | SUELO      | 6  | 6   |      | 36,00 | 0 | -     | -    | 0     | 0,37 | -    | -      |
| F3.2  | NH       | SUELO      | 28 | 1   |      | 28,00 | 0 | -     | -    | 0     | 0,17 | -    | -      |
| C3-N1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 6  |     | 4,24 | 12,72 | 1 | 11,22 | -    | 11,22 | 0,17 | 0,33 | CUMPLE |
| H3-N1 | EXTERIOR | LUCERNARIO | 1  | 1,5 |      |       | 1 |       | 1,50 | 1,5   | 1,29 | 1,80 | CUMPLE |
| C3-E1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 6  |     | 4,24 | 12,72 | 1 | 12,72 | -    | 12,72 | 0,17 | 0,33 | CUMPLE |
| C3-S1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 6  |     | 4,24 | 12,72 | 1 | 11,22 | -    | 11,22 | 0,17 | 0,33 | CUMPLE |
| H3-S1 | EXTERIOR | LUCERNARIO | 1  | 1,5 |      |       | 1 |       | 1,50 | 1,5   | 1,29 | 1,80 | CUMPLE |
| C3-O1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 6  |     | 4,24 | 12,72 | 1 | 12,72 | -    | 12,72 | 0,17 | 0,33 | CUMPLE |
| C3-N2 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 8  | 6   | 1,41 | 9,87  | 1 | 9,87  | -    | 9,87  | 0,17 | 0,33 | CUMPLE |
| C3-E2 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 8  | 6   | 1,41 | 9,87  | 1 | 9,87  | -    | 9,87  | 0,17 | 0,33 | CUMPLE |
| C3-S2 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 8  | 6   | 1,41 | 9,87  | 1 | 9,87  | -    | 9,87  | 0,17 | 0,33 | CUMPLE |
| C3-O2 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 8  | 6   | 1,41 | 9,87  | 1 | 9,87  | -    | 9,87  | 0,17 | 0,33 | CUMPLE |
| P3-N1 | N.H.     | PARTICIÓN  | 6  |     | 1,50 | 9,00  | 0 | 0,00  | -    | 0     | 0,46 | -    | -      |
| P3-E1 | N.H.     | PARTICIÓN  | 6  |     | 1,50 | 9,00  | 0 | 0,00  | -    | 0     | 0,46 | -    | -      |
| P3-S1 | N.H.     | PARTICIÓN  | 6  |     | 1,50 | 9,00  | 0 | 0,00  | -    | 0     | 0,46 | -    | -      |
| P3-O1 | N.H.     | PARTICIÓN  | 6  |     | 1,50 | 9,00  | 0 | 0,00  | -    | 0     | 0,46 | -    | -      |

|                   |        |        |      |        |  |  |  |  |  |  |  |  |        |
|-------------------|--------|--------|------|--------|--|--|--|--|--|--|--|--|--------|
| TOTALES PLANTA 03 | 206,36 | 103,36 | 3,00 | 106,36 |  |  |  |  |  |  |  |  | CUMPLE |
|-------------------|--------|--------|------|--------|--|--|--|--|--|--|--|--|--------|

|                  |        |        |       |        |  |  |  |  |  |  |  |  |        |
|------------------|--------|--------|-------|--------|--|--|--|--|--|--|--|--|--------|
| TOTALES EDIFICIO | 462,36 | 266,76 | 31,60 | 298,36 |  |  |  |  |  |  |  |  | CUMPLE |
|------------------|--------|--------|-------|--------|--|--|--|--|--|--|--|--|--------|

En esta segunda configuración de la opción 2, la envolvente térmica está definida en continuidad entre cerramientos verticales de fachada de planta baja y planos inclinados de cubierta. Las transmitancias de estos elementos cumplen holgadamente los valores límite fijados en la *Tabla 3.1.1.a - HE1*.

Por otra parte, el forjado de planta baja medianero con el espacio no habitable de la cámara sanitaria cumple en todas las opciones el valor límite establecido para medianeras y particiones interiores pertenecientes a la envolvente térmica.

**OPCIÓN 3: configuración única**

Acondicionados: P.B Ocupación completa BJ cubierta

N.H.: Cámara sanitaria

Envolverte térmica según esquema

## TRANSMITANCIA TÉRMICA EN COMPONENTES DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

| Código del elemento | Tipo de Contacto | Descripción | Ancho (m) | Largo (m) | Alto (m) | Sup. Total Cerramiento (m²) | $\lambda \in$ a ET?<br>$\epsilon$ ET=1<br>$\neq$ ET=0 | Sup. Parte OPACA ET (m²) | Sup. HUECO ET (m²) | Sup. E.T. (m²) | U W/m²K | U <sub>lim</sub> W/m²K | Cumplimiento Valores límite |
|---------------------|------------------|-------------|-----------|-----------|----------|-----------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------|----------------|---------|------------------------|-----------------------------|
|---------------------|------------------|-------------|-----------|-----------|----------|-----------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------|----------------|---------|------------------------|-----------------------------|

## PLANTA CÁMARA SANITARIA. P01

La planta 01 correspondiente al nivel de cámara sanitaria, no se incluye en ninguna de las opciones dentro de la envolvente térmica por lo que no se detallan en la tabla las características de sus cerramientos.

|                   |      |      |      |      |           |
|-------------------|------|------|------|------|-----------|
| TOTALES PLANTA 01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | NO APLICA |
|-------------------|------|------|------|------|-----------|

## PLANTA BAJA. P02

|       |          |            |   |     |       |   |       |       |       |      |      |        |
|-------|----------|------------|---|-----|-------|---|-------|-------|-------|------|------|--------|
| M2-N1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 8 | 3   | 24,00 | 1 | 17,40 | -     | 17,40 | 0,22 | 0,37 | CUMPLE |
| H2-N1 | EXTERIOR | VENTANA    | 3 | 2,2 |       | 1 | -     | 6,60  | 6,60  | 1,14 | 1,80 | CUMPLE |
| M2-E1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 8 | 3   | 24,00 | 1 | 17,40 | -     | 17,40 | 0,22 | 0,37 | CUMPLE |
| H2-E1 | EXTERIOR | VENTANA    | 3 | 2,2 |       | 1 | -     | 6,60  | 6,60  | 1,14 | 1,80 | CUMPLE |
| M2-S1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 8 | 3   | 24,00 | 1 | 13,00 | -     | 13,00 | 0,22 | 0,37 | CUMPLE |
| H2-S1 | EXTERIOR | VENTANA    | 5 | 2,2 |       | 1 | -     | 11,00 | 11,00 | 1,14 | 1,80 | CUMPLE |
| M2-O1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 8 | 3   | 24,00 | 1 | 19,60 | -     | 19,60 | 0,22 | 0,37 | CUMPLE |
| H2-O1 | EXTERIOR | PUERTA     | 1 | 2,2 |       | 1 | -     | 2,20  | 2,20  | 2,20 | 5,70 | CUMPLE |
| H2-O2 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 | 2,2 |       | 1 | -     | 2,20  | 2,20  | 1,14 | 1,80 | CUMPLE |
|       |          |            |   |     |       |   |       |       |       |      |      |        |
| F2.1  | NH       | SUELO      | 8 | 8   | 64,00 | 1 | 64,00 |       | 64,00 | 0,19 | 0,59 | CUMPLE |
| F3.1  | NH       | TECHO      | 8 | 8   | 64,00 | 0 | -     |       | 0,00  | 0,37 | -    | -      |

## PLANTA BAJOCUBIERTA. P03

|       |          |            |   |   |      |       |   |       |      |       |      |      |        |
|-------|----------|------------|---|---|------|-------|---|-------|------|-------|------|------|--------|
| M2-N1 | EXTERIOR | M, FACHADA |   | 8 | 1,5  | 12,00 | 1 | 10,50 | -    | 10,50 | 0,22 | 0,37 | CUMPLE |
| H3-N1 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 |   | 1,5  | 1,50  | 1 | -     | 1,50 | 1,50  | 1,29 | 1,80 | CUMPLE |
| M2-E1 | EXTERIOR | M, FACHADA |   | 8 | 1,5  | 12,00 | 1 | 9,00  | -    | 9,00  | 0,22 | 0,37 | CUMPLE |
| H3-E1 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 |   | 1,5  | 1,50  | 1 | -     | 1,50 | 1,50  | 1,29 | 1,80 | CUMPLE |
| H3-E2 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 |   | 1,5  | 1,50  | 1 | -     | 1,50 | 1,50  | 1,29 | 1,80 | CUMPLE |
| M2-S1 | EXTERIOR | M, FACHADA |   | 8 | 1,5  | 12,00 | 1 | 10,50 | -    | 10,50 | 0,22 | 0,37 | CUMPLE |
| H3-S1 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 |   | 1,5  | 1,50  | 1 | -     | 1,50 | 1,50  | 1,29 | 1,80 | CUMPLE |
| M2-O1 | EXTERIOR | M, FACHADA |   | 8 | 1,5  | 12,00 | 1 | 12,00 | -    | 12,00 | 0,22 | 0,37 | CUMPLE |
| F3.1  | NH       | SUELO      | 8 | 8 |      | 64,00 | 0 | -     | -    | 0     | 0,37 | -    | -      |
| C3-N1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 8 |   | 5,65 | 22,60 | 1 | 21,60 | -    | 21,60 | 0,17 | 0,33 | CUMPLE |
| H3-N2 | EXTERIOR | LUCERNARIO | 1 | 1 |      | 1,00  | 1 | -     | 1,00 | 1,00  | 1,29 | 1,80 | CUMPLE |
| C3-E1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 8 |   | 5,65 | 22,60 | 1 | 20,60 | -    | 20,60 | 0,17 | 0,33 | CUMPLE |
| H3-E3 | EXTERIOR | LUCERNARIO | 1 | 1 |      | 1,00  | 1 | -     | 1,00 | 1,00  | 1,29 | 1,80 | CUMPLE |
| H3-E4 | EXTERIOR | LUCERNARIO | 1 | 1 |      | 1,00  | 1 | -     | 1,00 | 1,00  | 1,29 | 1,80 | CUMPLE |
| C3-S1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 8 |   | 5,65 | 22,60 | 1 | 21,60 | -    | 21,60 | 0,17 | 0,33 | CUMPLE |
| H3-S2 | EXTERIOR | LUCERNARIO | 1 | 1 |      | 1,00  | 1 | -     | 1,00 | 1,00  | 1,29 | 1,80 | CUMPLE |
| C3-O1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 8 |   | 5,65 | 22,60 | 1 | 22,60 | -    | 22,60 | 0,17 | 0,33 | CUMPLE |

|                  |        |        |       |        |        |
|------------------|--------|--------|-------|--------|--------|
| TOTALES EDIFICIO | 436,40 | 259,80 | 38,60 | 298,40 | CUMPLE |
|------------------|--------|--------|-------|--------|--------|

Esta opción 3 respecto al cumplimiento de este parámetro, es muy similar a la opción 2 en su segunda configuración que acabamos de analizar. Solamente se modifican las dimensiones de los cerramientos verticales (fachadas) tanto en planta baja como en planta bajocubierta. Dado que su composición es idéntica en todas las opciones, se mantiene el cumplimiento de los valores límite de transmitancias establecidos en la *Tabla 3.1.1.a - HE1 Valores límite de transmitancia térmica*.

**2. LÍMITE DEL COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSMISIÓN DE CALOR (K) A TRAVÉS DE LA E.T.**

Tabla 3.1.1.b - HE1 para uso residencial privado

## DATOS PREVIOS

\* Zona climática de invierno **E**

\* Compacidad del edificio según la configuración elegida (V/A) (m³/m²)

\* Coeficiente global de transmisión de calor a través de la ET (W/m²·K) **K**

**Coeficiente global de transmisión de calor** (a través de la envolvente térmica del edificio) [K]: Valor medio del coeficiente de transmisión de calor para la superficie de intercambio térmico de la envolvente ( $A_{int}$ ). Hay que recordar que se considera área de intercambio, exclusivamente la superficie de la envolvente en contacto con el aire exterior o terreno. Se excluyen expresamente los contactos con otros espacios. Se expresa en  $W/m^2K$ .

$$K = \sum x H_x / A_{int}$$

donde:

$H_x$ : corresponde al coeficiente de transferencia de calor del elemento  $x$  perteneciente a la envolvente térmica (incluyendo sus puentes térmicos). Se incluyen aquellos elementos en contacto con el terreno, con el ambiente exterior, y se excluyen aquellos en contacto con otros edificios u otros espacios adyacentes;

$A_{int}$  es el área de intercambio de la envolvente térmica obtenida como suma de los distintos componentes considerados en la transmisión de calor. Excluye, por tanto, las áreas de elementos de la envolvente térmica en contacto con edificios o espacios adyacentes exteriores a la envolvente térmica.

De forma simplificada, puede calcularse este parámetro a partir de las transmitancias térmicas y superficies de los elementos de la envolvente térmica y de un factor de ajuste:

$$K = \sum_x b_{tr,x} [ \sum_i A_{x,i} U_{x,i} + \sum_k l_{x,k} \psi_{x,k} + \sum_j x_{x,j} ] / \sum_x \sum_i b_{tr,x} A_{x,i}$$

donde:

$b_{tr,x}$  es el factor de ajuste para los elementos de la envolvente. Su valor es 1 excepto para elementos en contacto con edificios o espacios adyacentes exteriores a la envolvente térmica, donde toma el valor 0;

$A_{x,i}$  es el área de intercambio del elemento de la envolvente térmica considerado;

$U_{x,i}$  es el valor de la transmitancia térmica del elemento de la envolvente térmica considerado;

En el Documento de Apoyo DB-HE/1 Cálculo de parámetros característicos de la envolvente térmica y en las normas UNE-EN ISO relacionadas se dispone de valores orientativos de transmitancia térmica de los diferentes elementos de la envolvente térmica.

La transmitancia térmica aplicable a los elementos en contacto con el terreno incluye no sólo la transmitancia intrínseca del elemento sino también el efecto del terreno.

Ver también en la sección 3 de AYUDAS diferentes ejemplos de cálculo.

$l_{x,k}$  es la longitud del puente térmico considerado;

$\psi_{x,k}$  es el valor de la transmitancia térmica lineal del puente térmico considerado;

$x_{x,j}$  es la transmitancia puntual del puente térmico considerado.

El edificio de estudio en todas sus variantes es de uso residencial privado. El coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica ( $K$ ) del edificio, o parte de este, con uso residencial privado, no superará el valor límite ( $K_{lim}$ ) obtenido de la tabla 3.1.1.b-HE1:

| Tabla 3.1.1.b - HE1 Valor límite $K_{lim}$<br>[W/m²K] para uso residencial privado                                                     | Zona climática de invierno  |          |      |      |      |      |      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------|------|------|------|------|------|
|                                                                                                                                        | Compacidad<br>$V/A$ [m³/m²] | $\alpha$ | A    | B    | C    | D    | E    |
| Edificios nuevos y ampliaciones                                                                                                        | $V/A \leq 1$                | 0,67     | 0,60 | 0,58 | 0,53 | 0,48 | 0,43 |
|                                                                                                                                        | $V/A \geq 4$                | 0,86     | 0,80 | 0,77 | 0,72 | 0,67 | 0,62 |
| Cambios de uso.<br>Reformas en las que se renueve más<br>del 25% de la superficie total de la<br>envolvente térmica final del edificio | $V/A \leq 1$                | 1,00     | 0,87 | 0,83 | 0,73 | 0,63 | 0,54 |
|                                                                                                                                        | $V/A \geq 4$                | 1,07     | 0,94 | 0,9  | 0,81 | 0,70 | 0,62 |

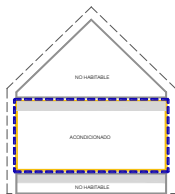
Los valores límite de las compacidades intermedias ( $1 < V/A < 4$ ) se obtienen por interpolación.

Nuestro ejemplo, en todas sus variantes, se trata de un edificio nuevo, perteneciente a la zona climática de invierno "E".

Como vemos, para este indicador el valor límite es función de la compacidad del edificio, en nuestro caso, se han obtenido dichos valores en las tablas anteriores y se incorporan como referencia en todas las tablas para cada una de las configuraciones. Para valores de compacidad entre 1 y 4, qué es el caso de nuestras 5 variantes de estudio, habrá que interpolar el valor límite entre 0,43 y 0,62 W/m<sup>2</sup>·K proporcionalmente a la compacidad de cada configuración.

En las siguientes tablas se relacionan (se resaltan mediante sombreado) para cada opción y cada configuración del modelo, todos los elementos de la envolvente afectados por este indicador (los de contacto con el aire exterior o terreno) caracterizando su transmitancia térmica y coeficiente de transmisión térmica lineal para puentes térmicos. A partir de dichos valores, las superficies de cada elemento y longitudes de los puentes térmicos, se obtendrá el coeficiente global de transmisión de calor (K) y se comparará con el valor límite fijado en la tabla 3.1.1.b-HE1.

Respecto a los puentes térmicos, solo se han considerado los lineales y se han descartado en el cálculo, los posibles puentes térmicos puntuales existentes en el edificio.

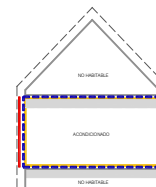
**OPCIÓN 1: Primera configuración**

Acondicionados: P.B

N.H.: Cámara sanitaria + B.J. Cubierta

Envolvente térmica según esquema

En rojo se resaltan los  
contactos de la envolvente  
térmica con el exterior o  
terreno



| Código del elemento | Tipo de Contacto | Descripción | $\lambda \in \text{a ET?}$<br>$\in \text{ET}=1$<br>$\notin \text{ET}=0$ | Contacto EXTERIOR o TERRENO (btr,x)<br>SI=1<br>NO=0 | Sup. Parte OPACA (m²) | Sup. HUECO (m²) | Sup. E.T. en contacto EXTERIOR o TERRENO (m²) | U W/m²K | U x Área W/K |
|---------------------|------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------|-----------------|-----------------------------------------------|---------|--------------|
|---------------------|------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------|-----------------|-----------------------------------------------|---------|--------------|

**PLANTA CÁMARA SANITARIA. P01**

La planta 01 correspondiente al nivel de cámara sanitaria, no se incluye en ninguna de las opciones dentro de la envolvente térmica por lo que no se detallan en la tabla las características de sus cerramientos.

**TOTALES PLANTA 01****PLANTA BAJA. P02**

|       |          |            |   |   |       |       |       |      |              |
|-------|----------|------------|---|---|-------|-------|-------|------|--------------|
| M2.N1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 25,40 |       | 25,40 | 0,22 | <b>5,59</b>  |
| H2-N1 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 | 1 |       | 6,60  | 6,60  | 1,14 | <b>7,52</b>  |
| M2.E1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 25,40 |       | 25,40 | 0,22 | <b>5,59</b>  |
| H2-E1 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 | 1 |       | 6,60  | 6,60  | 1,14 | <b>7,52</b>  |
| M2.S1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 21,00 |       | 21,00 | 0,22 | <b>4,62</b>  |
| H2-S1 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 | 1 |       | 11,00 | 11,00 | 1,14 | <b>12,54</b> |
| M2.O1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 27,60 |       | 27,60 | 0,22 | <b>6,07</b>  |
| H2-O1 | EXTERIOR | PUERTA     | 1 | 1 |       | 2,20  | 2,20  | 2,20 | <b>4,84</b>  |
| H2-O2 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 | 1 |       | 2,20  | 2,20  | 1,14 | <b>2,51</b>  |
| F2.1  | NH       | SUELO      | 1 | 0 | -     | -     | -     | 0,19 | -            |
| F3.1  | NH       | TECHO      | 1 | 0 | -     | -     | -     | 0,16 | -            |

**TOTALES PLANTA 02****99,40****28,60****128,00****56,80****PLANTA BAJOCUBIERTA. P03**

|       |          |            |   |   |   |   |   |      |   |
|-------|----------|------------|---|---|---|---|---|------|---|
| M2.N1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 0 | - | - | - | - | 0,22 | - |
| M2.E1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 0 | - | - | - | - | 0,22 | - |
| M2.S1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 0 | - | - | - | - | 0,22 | - |
| M2.O1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 0 | - | - | - | - | 0,22 | - |
| F3.1  | NH       | SUELO      | 0 | - | - | - | - | 0,16 | - |
| C3-N1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 0 | - | - | - | - | 0,17 | - |
| C3-E1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 0 | - | - | - | - | 0,17 | - |
| C3-S1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 0 | - | - | - | - | 0,17 | - |
| C3-O1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 0 | - | - | - | - | 0,17 | - |

**TOTALES PLANTA 03****0,00****0,00****0,00****TOTALES EDIFICIO****99,40****28,60****128,00****56,80****P U E N T E S T É R M I C O S**

| Definición                | $\Psi$<br>T. lineal<br>W/m·K | Longitud<br>L(m) | $\Psi \times L$<br>W/K |
|---------------------------|------------------------------|------------------|------------------------|
| Frente forjados           | 0,1                          | 32,00            | 3,20                   |
| Cubiertas planas          | 0,225                        | 32,00            | 7,20                   |
| Esquinas exteriores       | 0,043                        | 18,00            | 0,77                   |
| Esquinas interiores       |                              |                  | 0,00                   |
| Forjado int contacto aire |                              |                  | 0,00                   |
| Alfeizar                  | 0,51                         | 13,00            | 6,63                   |
|                           |                              |                  | 0,00                   |
| Dinteles/capialzados      | 0                            | 13,00            | 0,00                   |
|                           |                              |                  | 0,00                   |
| Jambas                    | 0,01                         | 22,00            | 0,22                   |
|                           |                              |                  | 0,00                   |
| Pilares                   |                              |                  | 0,00                   |
| Suelos con terreno        |                              |                  | 0,00                   |
| <b>TOTALES EDIFICIO</b>   |                              | <b>130,00</b>    | <b>18,02</b>           |

**DATOS PREVIOS**

COMPACIDAD DEL EDIFICIO: 2,00

**CÁLCULO**

$$K = \Sigma x H_x / A_{int} = \Sigma x b_{tr,x} [ \Sigma i A_{x,i} U_{x,i} + \Sigma l x k \psi_{x,k} + \Sigma j x x, j ] / \Sigma x \Sigma i b_{tr,x} A_{x,i}$$

$$K = (56,80 + 18,02) / 128 = 0,585$$

**C O M P R O B A C I Ó N K**

| K<br>EDIFICIO | K <sub>lim</sub> | Cumplimiento<br>Valores limite |
|---------------|------------------|--------------------------------|
| 0,58          | 0,49             | <b>NO CUMPLE</b>               |

En esta primera variante de estudio, se nos presenta un problema principalmente de proporciones. Si aplicamos el procedimiento simplificado mediante la expresión,

$$K = \sum_x b_{tr,x} [ \sum_i A_{x,i} U_{x,i} + \sum_k l_{x,k} \psi_{x,k} + \sum_j x_{x,j} ] / \sum_x \sum_i b_{tr,x} A_{x,i}$$

quedan fuera del cálculo los cerramientos horizontales que nos separan del bajocubierta y de la cámara sanitaria en la parte inferior. Dado que la superficie computable en cálculo del valor de [K], afectaría exclusivamente a la que está en contacto con el aire exterior o el terreno. En esta primera configuración la opción 1, este requisito lo cumplen exclusivamente los cerramientos exteriores verticales (fachadas) de la planta baja. De mantener este procedimiento de cálculo las opciones son limitadas.

- El valor límite fijado en la tabla 3.1.1.b-HE1 es de 0,49 W/m²K (Obtenido por interpolación para una compacidad de 2).
- Al considerar exclusivamente las fachadas, ocurre que los huecos representan algo más del 22% del de la envolvente térmica computable.
- La composición de estos huecos es de una calidad elevada, pero, aun así, la transmitancia ( $U_v$ ) en el vidrio es de 1 W/m²K y la transmitancia conjunta del hueco es de 1,14 W/m²K.
- La transmitancia de la parte opaca es 0,22 W/m²K, valor en principio más que aceptable.
- La longitud de puentes térmicos es de 130 metros. Respecto a las soluciones de puentes técnicos, que no se han comentado hasta el momento, se resuelven todas ellas en continuidad de los aislamientos salvo en las que técnicamente no es posible. En concreto, teniendo en cuenta que partimos de una solución de S.A.T.E. (aislamiento térmico por el exterior del cerramiento) y que las carpinterías de los huecos las hemos planteado alineadas a haces interiores de los cerramientos verticales, la continuidad del aislamiento en el puente térmico de alféizar no es posible. En los lucernarios que, por razones de estanqueidad, se resuelven alineados por el exterior con la cubierta, sí es posible la continuidad del aislamiento en todo el perímetro del hueco.
- el valor medio de transmitancia [K] para esta configuración y aplicando el procedimiento simplificado es de 0,58 W/m²K y supera ampliamente el valor límite fijado en 0,49 W/m²K.

#### Consideraciones para el cumplimiento de esta configuración

Si en proyecto finalmente se optase por esta configuración y por la aplicación del procedimiento simplificado, las opciones para alcanzar el cumplimiento son muy limitadas.

- Como primera opción podríamos optar por la reducción de la transmitancia del conjunto del hueco, se podría incorporar un vidrio triple que nos acercaría a valores de transmitancia en torno a 0,5 W/m²K. El marco con valores de transmitancia de 1,5 W/m²K presenta un margen de mejora muy reducido, y ambas mejoras serían seguramente a cambio de un coste elevado. Si existe posibilidad de mejora en la transmitancia de la puerta de acceso.
- Podemos plantear la reducción de la transmitancia en la parte opaca de los cerramientos implicados, pero su valor es ya bastante bueno y el margen de mejora es pequeño.
- Una tercera vía, pero que afecta a la composición formal del proyecto, consiste en modificar (reducir) la proporción de huecos en fachada y especialmente los orientados a norte.

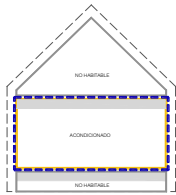
No obstante, y dicho todo lo anterior, lo lógico y lo más razonable en este caso, sería considerar como elemento separador con el ambiente exterior el conjunto de forjado interior + espacio no habitable + cubierta (teniendo en cuenta el cálculo en la "U" del techo el factor de reducción de temperatura "b", por el espacio intermedio no acondicionado / no habitable). Ver anexo de cálculo de transmitancias para este caso.

Puede ser una opción perfectamente razonable en este caso, con una cubierta con cierto nivel de aislamiento y una bajocubierta no habitable y ligeramente ventilado. Con esta configuración se cumpliría el valor límite. Esta opción implica no hacer un cálculo simplificado de la K, sino aplicar un criterio general, en dónde el valor  $b_{tr,x}$  del elemento en contacto con espacio no habitable no es 0 sino es el que marca el DA DB-HE/1 teniendo en cuenta el efecto del espacio no habitable.

En las páginas siguientes se muestran dos opciones de cumplimiento:

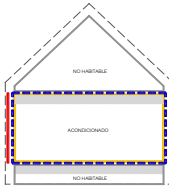
1. Una primera opción de cumplimiento manteniendo el procedimiento simplificado y modificando los huecos tal y como se propone en el primer punto. Se somborean en azul los elementos modificados.
2. Una segunda opción y la más razonable para este caso, consistiría en considerar el cerramiento de planta baja en la parte de cubierta como un conjunto formado por forjado interior + espacio no habitable + cubierta. Obteniendo la transmitancia modificada de este elemento en la forma descrita en el *DA DB-HE/1 Cálculo de parámetros característicos de la envolvente*. Este cálculo está resuelto en la sección de AYUDAS al cálculo de esta guía, en el apartado de transmitancias, ejemplo 3, obteniéndose una transmitancia corregida de **0,16 W/m<sup>2</sup>·K**.

M E J O R A



**OPCIÓN 1: Primera configuración**  
Acondicionados: P.B  
N.H.:Cámara sanitaria + B.J.Cubierta  
Envolvente térmica según esquema

En rojo se resaltan los contactos de la envolvente térmica con el exterior o terreno



| Código del elemento | Tipo de Contacto | Descripción | $\zeta \in a \text{ ET?}$<br>$\in \text{ ET}=1$<br>$\notin \text{ ET}=0$ | Contacto EXTERIOR o TERRENO (btr,x)<br>SI=1<br>N0=0 | Sup. Parte OPACA (m²) | Sup. HUECO (m²) | Sup. E.T. en contacto EXTERIOR o TERRENO (m²) | U W/m²K | U x Área W/K |
|---------------------|------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------|-----------------|-----------------------------------------------|---------|--------------|
|---------------------|------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------|-----------------|-----------------------------------------------|---------|--------------|

PLANTA CÁMARA SANITARIA. P01

La planta 01 correspondiente al nivel de cámara sanitaria, no se incluye en ninguna de las opciones dentro de la envolvente térmica por lo que no se detallan en la tabla las características de sus cerramientos.

TOTALES PLANTA 01

|       |          |            |   |   |       |       |       |      |      |
|-------|----------|------------|---|---|-------|-------|-------|------|------|
| M2.N1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 25,40 |       | 25,40 | 0,22 | 5,59 |
| H2.N1 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 | 1 |       | 6,60  | 6,60  | 0,76 | 5,02 |
| M2.E1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 25,40 |       | 25,40 | 0,22 | 5,59 |
| H2.E1 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 | 1 |       | 6,60  | 6,60  | 0,76 | 5,02 |
| M2.S1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 21,00 |       | 21,00 | 0,22 | 4,62 |
| H2.S1 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 | 1 |       | 11,00 | 11,00 | 0,76 | 8,36 |
| M2.O1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 27,60 |       | 27,60 | 0,22 | 6,07 |
| H2.O1 | EXTERIOR | PUERTA     | 1 | 1 |       | 2,20  | 2,20  | 1,00 | 2,20 |
| H2.O2 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 | 1 |       | 2,20  | 2,20  | 0,76 | 1,67 |
| F2.1  | NH       | SUELO      | 1 | 0 | -     | -     | -     | 0,19 | -    |
| F3.1  | NH       | TECHO      | 0 | 0 | -     | -     | -     | 0,17 | -    |

TOTALES PLANTA 02

|       |          |            |   |   |   |   |   |      |   |
|-------|----------|------------|---|---|---|---|---|------|---|
| M2.N1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 0 | - | - | - | - | 0,22 | - |
| M2.E1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 0 | - | - | - | - | 0,22 | - |
| M2.S1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 0 | - | - | - | - | 0,22 | - |
| M2.O1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 0 | - | - | - | - | 0,22 | - |
| F3.1  | NH       | SUELO      | 0 | - | - | - | - | 0,16 | - |
| C3.N1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 0 | - | - | - | - | 0,17 | - |
| C3.E1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 0 | - | - | - | - | 0,17 | - |
| C3.S1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 0 | - | - | - | - | 0,17 | - |
| C3.O1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 0 | - | - | - | - | 0,17 | - |

TOTALES PLANTA 03

TOTALES EDIFICIO

| P U E N T E S T É R M I C O S |                              |                  |                        |
|-------------------------------|------------------------------|------------------|------------------------|
| Definición                    | $\Psi$<br>T. lineal<br>W/m·K | Longitud<br>L(m) | $\Psi \times L$<br>W/K |
| Frente forjados               | 0,1                          | 32,00            | 3,20                   |
| Cubiertas planas              | 0,225                        | 32,00            | 7,20                   |
| Esquinas exteriores           | 0,043                        | 18,00            | 0,77                   |
| Esquinas interiores           |                              |                  | 0,00                   |
| Forjado int contacto aire     |                              |                  | 0,00                   |
| Alfeizar                      | 0,51                         | 13,00            | 6,63                   |
|                               |                              |                  | 0,00                   |
| Dinteles/capialzados          | 0                            | 13,00            | 0,00                   |
|                               |                              |                  | 0,00                   |
| Jambas                        | 0,01                         | 22,00            | 0,22                   |
|                               |                              |                  | 0,00                   |
| Pilares                       |                              |                  | 0,00                   |
| Suelos con terreno            |                              |                  | 0,00                   |
| TOTALES EDIFICIO              |                              | 130,00           | 18,02                  |

DATOS PREVIOS

COMPACIDAD DEL EDIFICIO: 2,00

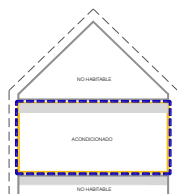
CÁLCULO

$$K = \sum x H_x / A_{int} = \sum x b_{tr,x} [ \sum i A_{x,i} U_{x,i} + \sum l x k \psi_{x,k} + \sum xx, j ] / \sum x \sum i b_{tr,x} A_{x,i}$$

$$K = (44,13 + 18,02) / 128 = 0,485$$

C O M P R O B A C I Ó N K

| K<br>EDIFICIO | K <sub>lim</sub> | Cumplimiento<br>Valores límite |
|---------------|------------------|--------------------------------|
| 0,49          | 0,49             | CUMPLE                         |



## PROCEDIMIENTO NO SIMPLIFICADO

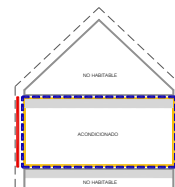
## OPCIÓN 1: Primera configuración

Acondicionados: P.B

N.H.: Cámara sanitaria + B.J. Cubierta

Envolvente térmica según esquema

En rojo se resaltan los contactos de la envolvente térmica con el exterior o terreno



| Código del elemento | Tipo de Contacto | Descripción | $l \in a$ ET?<br>$\in$ ET=1<br>$\notin$ ET=0 | Contacto EXTERIOR o TERRENO<br>(btr,x)<br>SI=1<br>NO=0 | Sup. Parte OPACA (m²) | Sup. HUECO (m²) | Sup. E.T. en contacto EXTERIOR o TERRENO (m²) | U W/m²K | U x Área W/K |
|---------------------|------------------|-------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------|-----------------------------------------------|---------|--------------|
|---------------------|------------------|-------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------|-----------------------------------------------|---------|--------------|

## PLANTA CÁMARA SANITARIA. P01

La planta 01 correspondiente al nivel de cámara sanitaria, no se incluye en ninguna de las opciones dentro de la envolvente térmica por lo que no se detallan en la tabla las características de sus cerramientos.

## TOTALES PLANTA 01

## PLANTA BAJA. P02

|       |          |            |   |   |       |       |       |      |       |
|-------|----------|------------|---|---|-------|-------|-------|------|-------|
| M2.N1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 25,40 |       | 25,40 | 0,22 | 5,59  |
| H2-N1 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 | 1 |       | 6,60  | 6,60  | 1,14 | 7,52  |
| M2.E1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 25,40 |       | 25,40 | 0,22 | 5,59  |
| H2-E1 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 | 1 |       | 6,60  | 6,60  | 1,14 | 7,52  |
| M2.S1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 21,00 |       | 21,00 | 0,22 | 4,62  |
| H2-S1 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 | 1 |       | 11,00 | 11,00 | 1,14 | 12,54 |
| M2.O1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 27,60 |       | 27,60 | 0,22 | 6,07  |
| H2-O1 | EXTERIOR | PUERTA     | 1 | 1 |       | 2,20  | 2,20  | 2,20 | 4,84  |
| H2-O2 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 | 1 |       | 2,20  | 2,20  | 1,14 | 2,51  |
| F2.1  | NH       | SUELO      | 1 | 0 | -     | -     | -     | 0,19 | -     |
| F3.1  | NH       | TECHO      | 1 | 1 | 64    | -     | 64    | 0,16 | 10,24 |

## TOTALES PLANTA 02

163,40 28,60 192,00 67,04

## PLANTA BAJOCUBIERTA. P03

|       |          |            |   |   |   |   |   |      |   |
|-------|----------|------------|---|---|---|---|---|------|---|
| M2.N1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 0 | - | - | - | - | 0,22 | - |
| M2.E1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 0 | - | - | - | - | 0,22 | - |
| M2.S1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 0 | - | - | - | - | 0,22 | - |
| M2.O1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 0 | - | - | - | - | 0,22 | - |
| F3.1  | NH       | SUELO      | 0 | - | - | - | - | 0,16 | - |
| C3-N1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 0 | - | - | - | - | 0,17 | - |
| C3-E1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 0 | - | - | - | - | 0,17 | - |
| C3-S1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 0 | - | - | - | - | 0,17 | - |
| C3-O1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 0 | - | - | - | - | 0,17 | - |

## TOTALES PLANTA 03

0,00 0,00 0,00

## TOTALES EDIFICIO

163,40 28,60 192,00 67,04

## PUENTES TÉRMICOS

| Definición                | $\psi$<br>T. lineal<br>W/m·K | Longitud<br>L(m) | $\psi \times L$<br>W/K |
|---------------------------|------------------------------|------------------|------------------------|
| Frente forjados           | 0,1                          | 32,00            | 3,20                   |
| Cubiertas planas          | 0,225                        | 32,00            | 7,20                   |
| Esquinas exteriores       | 0,043                        | 18,00            | 0,77                   |
| Esquinas interiores       |                              |                  | 0,00                   |
| Forjado int contacto aire |                              |                  | 0,00                   |
| Alfeizar                  | 0,51                         | 13,00            | 6,63                   |
|                           |                              |                  | 0,00                   |
| Dinteles/capialzados      | 0                            | 13,00            | 0,00                   |
|                           |                              |                  | 0,00                   |
| Jambas                    | 0,01                         | 22,00            | 0,22                   |
|                           |                              |                  | 0,00                   |
| Pilares                   |                              |                  | 0,00                   |
| Suelos con terreno        |                              |                  | 0,00                   |
| <b>TOTALES EDIFICIO</b>   |                              | 130,00           | 18,02                  |

## DATOS PREVIOS

COMPACIDAD DEL EDIFICIO: 2,00

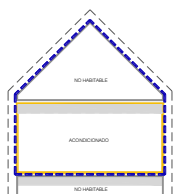
## CÁLCULO

$$K = \sum x H_x / A_{int} = \sum x b_{tr,x} [ \sum i A_{x,i} U_{x,i} + \sum k l_x \psi_{x,k} + \sum j ] / \sum i b_{tr,x} A_{x,i}$$

$$K = (67,04 + 18,02) / 192 = 0,443$$

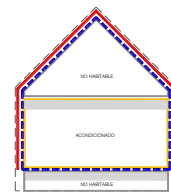
## COMPROBACIÓN K

| K<br>EDIFICIO | K <sub>lim</sub> | Cumplimiento<br>Valores límite |
|---------------|------------------|--------------------------------|
| 0,44          | 0,49             | CUMPLE                         |

**OPCIÓN 1: Segunda configuración**

Acondicionados: P.B  
N.H.: Cámara sanitaria + B.J. Cubierta  
Envolvente térmica según esquema

En rojo se resaltan los  
contactos de la envolvente  
térmica con el exterior o  
terreno



| Código del elemento | Tipo de Contacto | Descripción | $\psi \in \text{a ET?}$<br>$\in \text{ET}=1$<br>$\notin \text{ET}=0$ | Contacto EXTERIOR o TERRENO (btr,x)<br>SI=1<br>NO=0 | Sup. Parte OPACA (m²) | Sup. HUECO (m²) | Sup. E.T. en contacto EXTERIOR o TERRENO (m²) | U W/m²K | U x Área W/K |
|---------------------|------------------|-------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------|-----------------|-----------------------------------------------|---------|--------------|
|---------------------|------------------|-------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------|-----------------|-----------------------------------------------|---------|--------------|

**PLANTA CÁMARA SANITARIA. P01**

La planta 01 correspondiente al nivel de cámara sanitaria, no se incluye en ninguna de las opciones dentro de la envolvente térmica por lo que no se detallan en la tabla las características de sus cerramientos.

**TOTALES PLANTA 01****PLANTA BAJA. P02**

|       |          |            |   |   |       |       |       |      |       |
|-------|----------|------------|---|---|-------|-------|-------|------|-------|
| M2.N1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 25,40 |       | 25,40 | 0,22 | 5,59  |
| H2.N1 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 | 1 |       | 6,60  | 6,60  | 1,14 | 7,52  |
| M2.E1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 25,40 |       | 25,40 | 0,22 | 5,59  |
| H2.E1 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 | 1 |       | 6,60  | 6,60  | 1,14 | 7,52  |
| M2.S1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 21,00 |       | 21,00 | 0,22 | 4,62  |
| H2.S1 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 | 1 |       | 11,00 | 11,00 | 1,14 | 12,54 |
| M2.O1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 27,60 |       | 27,60 | 0,22 | 6,07  |
| H2.O1 | EXTERIOR | PUERTA     | 1 | 1 |       | 2,20  | 2,20  | 2,20 | 4,84  |
| H2.O2 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 | 1 |       | 2,20  | 2,20  | 1,14 | 2,51  |
| F2.1  | NH       | SUELO      | 1 | 0 | -     | -     | -     | 0,19 | -     |
| F3.1  | NH       | TECHO      | 1 | 0 | -     | -     | -     | 0,16 | -     |

|                          |              |              |               |              |
|--------------------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| <b>TOTALES PLANTA 02</b> | <b>99,40</b> | <b>28,60</b> | <b>128,00</b> | <b>56,80</b> |
|--------------------------|--------------|--------------|---------------|--------------|

**PLANTA BAJOCUBIERTA. P03**

|       |          |            |   |   |       |   |       |      |      |
|-------|----------|------------|---|---|-------|---|-------|------|------|
| M2.N1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 4,00  |   | 4,00  | 0,22 | 0,88 |
| M2.E1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 4,00  |   | 4,00  | 0,22 | 0,88 |
| M2.S1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 4,00  |   | 4,00  | 0,22 | 0,88 |
| M2.O1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 4,00  |   | 4,00  | 0,22 | 0,88 |
| F3.1  | NH       | SUELO      | 0 | 0 | -     | - | -     | 0,16 | -    |
| C3.N1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 1 | 1 | 22,60 |   | 22,60 | 0,17 | 3,84 |
| C3.E1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 1 | 1 | 22,60 |   | 22,60 | 0,17 | 3,84 |
| C3.S1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 1 | 1 | 22,60 |   | 22,60 | 0,17 | 3,84 |
| C3.O1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 1 | 1 | 22,60 |   | 22,60 | 0,17 | 3,84 |

|                          |               |             |               |              |
|--------------------------|---------------|-------------|---------------|--------------|
| <b>TOTALES PLANTA 03</b> | <b>106,40</b> | <b>0,00</b> | <b>106,40</b> | <b>18,89</b> |
|--------------------------|---------------|-------------|---------------|--------------|

|                         |               |              |               |              |
|-------------------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
| <b>TOTALES EDIFICIO</b> | <b>205,80</b> | <b>28,60</b> | <b>234,40</b> | <b>75,69</b> |
|-------------------------|---------------|--------------|---------------|--------------|

| P U E N T E S T É R M I C O S |                              |                  |                        |
|-------------------------------|------------------------------|------------------|------------------------|
| Definición                    | $\psi$<br>T. lineal<br>W/m·K | Longitud<br>L(m) | $\psi \times L$<br>W/K |
| Frente forjados               | 0,1                          | 32,00            | 3,20                   |
| Cubiertas planas              | 0,225                        | 32,00            | 7,20                   |
|                               |                              |                  | 0,00                   |
| Esquinas exteriores           | 0,043                        | 40,60            | 1,75                   |
| Esquinas interiores           |                              |                  | 0,00                   |
| Forjado int contacto aire     |                              |                  | 0,00                   |
| Alfeizar                      | 0,51                         | 13,00            | 6,63                   |
|                               |                              |                  | 0,00                   |
| Dinteles/capialzados          | 0,01                         | 13,00            | 0,13                   |
|                               |                              |                  | 0,00                   |
| Jambas                        | 0,02                         | 22,00            | 0,44                   |
|                               |                              |                  | 0,00                   |
| Pilares                       |                              |                  | 0,00                   |
| Suelos con terreno            |                              |                  | 0,00                   |
| <b>TOTALES EDIFICIO</b>       |                              | <b>152,60</b>    | <b>19,35</b>           |

**DATOS PREVIOS**

COMPACIDAD DEL EDIFICIO: 1,73

**CÁLCULO**

$$K = \Sigma x H_x / A_{int} = \Sigma x b_{tr,x} [ \Sigma i A_{x,i} U_{x,i} + \Sigma k l_x k \psi_x k + \Sigma j x_{x,j} ] / \Sigma x \Sigma i b_{tr,x} A_{x,i}$$

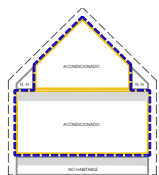
$$K = (75,69 + 19,35) / 234,40 = 0,405$$

| C O M P R O B A C I O N K |                  |                                |
|---------------------------|------------------|--------------------------------|
| K EDIFICIO                | K <sub>lim</sub> | Cumplimiento<br>Valores límite |
| 0,41                      | 0,48             | CUMPLE                         |

En esta segunda configuración de la opción 1, hemos trazado la envolvente térmica por el perímetro del edificio incluyendo el suelo en contacto con la cámara sanitaria, fachadas del edificio y continuidad por las cubiertas inclinadas del mismo.

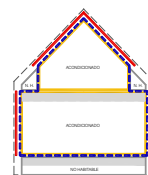
#### Consideraciones acerca del cumplimiento de esta configuración

- A diferencia de lo que ocurría en la configuración anterior, nuestro problema de proporciones desaparece. En esta configuración se ha incluido el bajocubierta dentro de la envolvente térmica. Sus cerramientos (cubierta plana y parte de fachada de este espacio) pasan a formar parte de la superficie computable de dicha ET por estar en contacto con el exterior.
- La relación de huecos respecto a la superficie total computable de la ET es muy diferente y apenas supera el 12%. Como los valores de transmitancia tanto de las fachadas ( $0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) como de la propia cubierta ( $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) son muy aceptables, la media que representa el coeficiente K cumple sin problemas el valor límite.
- Todo ello, a pesar de que, en esta opción de estudio, la compacidad es incluso inferior a la de la opción anterior (1,73 ahora frente a 2 de la configuración anterior) y en consecuencia el valor límite es ahora un poco más exigente,  $0,48 \text{ W/m}^2\text{K}$  frente a  $0,49 \text{ W/m}^2\text{K}$  de la configuración anterior.

**OPCIÓN 2: Primera configuración**

Acondicionados: P.B Ocupación parcial BJ cubierta  
N.H.: Cámara sanitaria  
Envolvente térmica según esquema

En rojo se resaltan los  
contactos de la envolvente  
térmica con el exterior o  
terreno



| Código del elemento | Tipo de Contacto | Descripción | $\epsilon \in \text{a ET?}$<br>$\epsilon \in \text{ET} = 1$<br>$\notin \text{ET} = 0$ | Contacto EXTERIOR o TERRENO (btr,x)<br>SI = 1<br>NO = 0 | Sup. Parte OPACA (m²) | Sup. HUECO (m²) | Sup. E.T. en contacto EXTERIOR o TERRENO (m²) | U W/m²K | U x Área W/K |
|---------------------|------------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------|-----------------------------------------------|---------|--------------|
|---------------------|------------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------|-----------------------------------------------|---------|--------------|

**PLANTA CÁMARA SANITARIA. P01**

La planta 01 correspondiente al nivel de cámara sanitaria, no se incluye en ninguna de las opciones dentro de la envolvente térmica por lo que no se detallan en la tabla las características de sus cerramientos.

**TOTALES PLANTA 01****PLANTA BAJA. P02**

|       |          |            |   |   |       |       |       |      |              |
|-------|----------|------------|---|---|-------|-------|-------|------|--------------|
| M2-N1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 25,40 |       | 25,40 | 0,22 | <b>5,59</b>  |
| H2-N1 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 | 1 |       | 6,60  | 6,60  | 1,14 | <b>7,52</b>  |
| M2-E1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 25,40 |       | 25,40 | 0,22 | <b>5,59</b>  |
| H2-E1 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 | 1 |       | 6,60  | 6,60  | 1,14 | <b>7,52</b>  |
| M2-S1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 21,00 |       | 21,00 | 0,22 | <b>4,62</b>  |
| H2-S1 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 | 1 |       | 11,00 | 11,00 | 1,14 | <b>12,54</b> |
| M2-O1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 27,60 |       | 27,60 | 0,22 | <b>6,07</b>  |
| H2-O1 | EXTERIOR | PUERTA     | 1 | 1 |       | 2,20  | 2,20  | 2,20 | <b>4,84</b>  |
| H2-O2 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 | 1 |       | 2,20  | 2,20  | 1,14 | <b>2,51</b>  |
| F2.1  | NH       | SUELO      | 1 | 0 | -     | -     | -     | 0,19 | -            |
| F3.1  | NH       | TECHO      | 1 | 0 | -     | -     | -     | 0,37 | -            |
| F3.2  | NH       | TECHO      | 1 | 0 | -     | -     | -     | 0,17 | -            |

**TOTALES PLANTA 02**

**99,40      28,60      128,00      56,80**

**PLANTA BAJOCUBIERTA. P03**

|       |          |            |   |   |       |     |       |      |             |
|-------|----------|------------|---|---|-------|-----|-------|------|-------------|
| M2-N1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 0 | - | -     | -   | -     | 0,22 | -           |
| M2-E1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 0 | - | -     | -   | -     | 0,22 | -           |
| M2-S1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 0 | - | -     | -   | -     | 0,22 | -           |
| M2-O1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 0 | - | -     | -   | -     | 0,22 | -           |
| F3.1  | NH       | SUELO      | 0 | - | -     | -   | -     | 0,37 | -           |
| F3.2  | NH       | SUELO      | 0 | - | -     | -   | -     | 0,17 | -           |
| C3-N1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 1 | 1 | 11,22 | -   | 11,22 | 0,17 | <b>1,91</b> |
| H3-N1 | EXTERIOR | LUCERNARIO | 1 | 1 |       | 1,5 | 1,50  | 1,29 | <b>1,94</b> |
| C3-E1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 1 | 1 | 12,72 | -   | 12,72 | 0,17 | <b>2,16</b> |
| C3-S1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 1 | 1 | 11,22 | -   | 11,22 | 0,17 | <b>1,91</b> |
| H3-S1 | EXTERIOR | LUCERNARIO | 1 | 1 |       | 1,5 | 1,50  | 1,29 | <b>1,94</b> |
| C3-O1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 1 | 1 | 12,72 | -   | 12,72 | 0,17 | <b>2,16</b> |
| C3-N2 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 0 | - | -     | -   | -     | 0,17 | -           |
| C3-E2 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 0 | - | -     | -   | -     | 0,17 | -           |
| C3-S2 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 0 | - | -     | -   | -     | 0,17 | -           |
| C3-O2 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 0 | - | -     | -   | -     | 0,17 | -           |
| P3-N1 | N.H.     | PARTICIÓN  | 1 | 0 | -     | -   | -     | 0,46 | -           |
| P3-E1 | N.H.     | PARTICIÓN  | 1 | 0 | -     | -   | -     | 0,46 | -           |
| P3-S1 | N.H.     | PARTICIÓN  | 1 | 0 | -     | -   | -     | 0,46 | -           |
| P3-O1 | N.H.     | PARTICIÓN  | 1 | 0 | -     | -   | -     | 0,46 | -           |

**TOTALES PLANTA 03**

**47,88      3,00      50,88      12,01**

**TOTALES EDIFICIO**

**147,28      31,60      178,88      68,81**

**P U E N T E S   T É R M I C O S**

| Definición                | $\psi$<br>T. lineal<br>W/m-K | Longitud<br>L(m) | $\psi \times L$<br>W/K |
|---------------------------|------------------------------|------------------|------------------------|
| Frente forjados           | 0,1                          | 32,00            | 3,20                   |
| Cubiertas planas          | 0,225                        | 32,00            | 7,20                   |
|                           | 0,84                         | 24,00            | 20,16                  |
| Esquinas exteriores       | 0,043                        | 34,96            | 1,50                   |
| Esquinas interiores       |                              |                  | 0,00                   |
| Forjado int contacto aire |                              |                  | 0,00                   |
| Alfeizar                  | 0,51                         | 13,00            | 6,63                   |
|                           | 0,08                         | 2,00             | 0,16                   |
| Dinteles/capialzados      | 0,01                         | 13,00            | 0,13                   |
|                           | 0,01                         | 2,00             | 0,02                   |
| Jambas                    | 0,02                         | 22,00            | 0,44                   |
|                           | 0,02                         | 6,00             | 0,12                   |
| Pilares                   |                              |                  | 0,00                   |
| Suelos con terreno        |                              |                  | 0,00                   |

**TOTALES EDIFICIO**

**180,96      39,56**

**DATOS PREVIOS**

COMPACIDAD DEL EDIFICIO: 1,90

**CÁLCULO**

$$K = \sum x H_x / A_{int} = \sum x b_{tr,x} [ \sum i A_{x,i} U_{x,i} + \sum k l_x k \psi_x, k + \sum j x_{x,j} ] / \sum x i b_{tr,x} A_{x,i}$$

$$K = (69,81 + 39,56) / 178,88 = 0,606$$

**C O M P R O B A C I Ó N   K**

| K<br>EDIFICIO | $K_{lim}$ | Cumplimiento<br>Valores límite |
|---------------|-----------|--------------------------------|
| 0,61          | 0,49      | <b>NO CUMPLE</b>               |

Esta primera configuración de la opción 2 aunque pueda parecer similar a la que se ha estudiado anteriormente, es bastante diferente.

Al dejar fuera de la envolvente térmica los espacios no habitables del bajocubierta, hemos trazado la frontera de dicha envolvente térmica, incluyendo las fachadas que afectan a la planta baja, pero doblando por el forjado del bajocubierta para incluir también las particiones verticales que separan los espacios acondicionados del bajocubierta de su perímetro no habitable. Se recoge por último el tramo final de los planos inclinados hasta cumbrera.

#### **Consideraciones respecto al incumplimiento de esta configuración:**

Como decimos, puede parecer similar esta solución a la segunda configuración de la opción 1 que hemos visto anteriormente, pero basta repasar los datos geométricos para concluir que es sustancialmente diferente.

- En la solución que ahora nos ocupa prescindimos de buena parte de la superficie de los faldones de cubierta (casi el 50%) y del peralte de fachada (16 m<sup>2</sup>) perteneciente al bajo de cubierta.
- Por otra parte, en los faldones de cubierta que pertenecen a la ET, se incorporan dos lucernarios iguales de tamaño, uno orientado a norte y otro a sur de 1,5 m<sup>2</sup> de superficie cada uno. La transmitancia del hueco para ellos es de 1,22 W/m<sup>2</sup>K.
- la proporción de huecos respecto a la superficie total de la envolvente térmica computable para este indicador se aproxima al 18%.
- La inclusión de los lucernarios de cubierta empeora la transmitancia media de huecos pertenecientes a la envolvente térmica.
- Esta configuración, con más pliegues en el trazado de la envolvente térmica provoca que sea la variante con más longitud de puentes térmicos (180,96 m) de todas las estudiadas hasta el momento.

En consecuencia, el valor medio que representa [K] es de 0,61 W/m<sup>2</sup>K muy alejado del valor límite que para este modelo con una compacidad de 1,90 es de 0,48 obtenido por interpolación de los valores de la tabla 3.1.1.b-HE1.

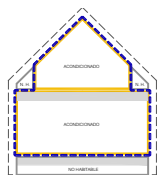
#### **Consideraciones para el cumplimiento de esta configuración**

Respecto a las soluciones sí serían en este caso similares a las planteadas para la primera configuración de la opción 1, es decir una acción combinada de:

- Reducción de la transmitancia del conjunto del hueco
- Reducción de la transmitancia en la parte opaca de los cerramientos implicados
- Mejora si es posible del tratamiento de puentes térmicos que afectan especialmente a esta variante de estudio.
- Reducción de la proporción de huecos en fachada.

En la página siguiente se propone una opción de cumplimiento.

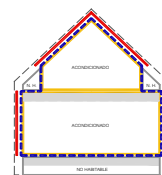
## M E J O R A



## OPCIÓN 2: Primera configuración

Acondicionados: P.B. Ocupación parcial BJ cubierta  
N.H.: Cámara sanitaria  
Envolvente térmica según esquema

En rojo se resaltan los  
contactos de la envolvente  
térmica con el exterior o  
terreno



| Código del elemento | Tipo de Contacto | Descripción | $\lambda \in a$ ET?<br>$\in ET=1$<br>$\notin ET=0$ | Contacto EXTERIOR o TERRENO (btr,x)<br>SI=1<br>NO=0 | Sup. Parte OPACA (m <sup>2</sup> ) | Sup. HUECO (m <sup>2</sup> ) | Sup. E.T. en contacto EXTERIOR o TERRENO (m <sup>2</sup> ) | U W/m <sup>2</sup> K | U x Área W/K |
|---------------------|------------------|-------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------|--------------|
|---------------------|------------------|-------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------|--------------|

## PLANTA CÁMARA SANITARIA. P01

La planta 01 correspondiente al nivel de cámara sanitaria, no se incluye en ninguna de las opciones dentro de la envolvente térmica por lo que no se detallan en la tabla las características de sus cerramientos.

## TOTALES PLANTA 01

## PLANTA BAJA. P02

|       |          |            |   |   |       |       |       |      |      |
|-------|----------|------------|---|---|-------|-------|-------|------|------|
| M2.N1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 25,40 |       | 25,40 | 0,20 | 5,08 |
| H2.N1 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 | 1 |       | 6,60  | 6,60  | 0,76 | 5,02 |
| M2.E1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 25,40 |       | 25,40 | 0,20 | 5,08 |
| H2.E1 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 | 1 |       | 6,60  | 6,60  | 0,76 | 5,02 |
| M2.S1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 21,00 |       | 21,00 | 0,20 | 4,20 |
| H2.S1 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 | 1 |       | 11,00 | 11,00 | 0,76 | 8,36 |
| M2.O1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 27,60 |       | 27,60 | 0,20 | 5,52 |
| H2.O1 | EXTERIOR | PUERTA     | 1 | 1 |       | 2,20  | 2,20  | 1,00 | 2,20 |
| H2.O2 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 | 1 |       | 2,20  | 2,20  | 0,76 | 1,67 |
| F2.1  | NH       | SUELO      | 1 | 0 | -     | -     | -     | 0,19 | -    |
| F3.1  | NH       | TECHO      | 1 | 0 | -     | -     | -     | 0,37 | -    |
| F3.2  | NH       | TECHO      | 1 | 0 | -     | -     | -     | 0,17 | -    |

## TOTALES PLANTA 02

99,40 28,60 128,00 42,14

## PLANTA BAJOCUBIERTA. P03

|       |          |            |   |   |       |     |       |      |      |
|-------|----------|------------|---|---|-------|-----|-------|------|------|
| M2.N1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 0 | - | -     | -   | -     | 0,22 | -    |
| M2.E1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 0 | - | -     | -   | -     | 0,22 | -    |
| M2.S1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 0 | - | -     | -   | -     | 0,22 | -    |
| M2.O1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 0 | - | -     | -   | -     | 0,22 | -    |
| F3.1  | NH       | SUELO      | 0 | - | -     | -   | -     | 0,37 | -    |
| F3.2  | NH       | SUELO      | 0 | - | -     | -   | -     | 0,17 | -    |
| C3-N1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 1 | 1 | 12,72 | -   | 12,72 | 0,17 | 2,16 |
| H3-N1 | EXTERIOR | LUCERNARIO | 1 | 1 |       | 1,5 | 1,50  | 0,89 | 1,34 |
| C3-E1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 1 | 1 | 12,72 | -   | 12,72 | 0,17 | 2,16 |
| C3-S1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 1 | 1 | 12,72 | -   | 12,72 | 0,17 | 2,16 |
| H3-S1 | EXTERIOR | LUCERNARIO | 1 | 1 |       | 1,5 | 1,50  | 0,89 | 1,34 |
| C3-O1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 1 | 1 | 12,72 | -   | 12,72 | 0,17 | 2,16 |
| C3-N2 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 0 | - | -     | -   | -     | 0,17 | -    |
| C3-E2 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 0 | - | -     | -   | -     | 0,17 | -    |
| C3-S2 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 0 | - | -     | -   | -     | 0,17 | -    |
| C3-O2 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 0 | - | -     | -   | -     | 0,17 | -    |
| P3-N1 | N.H.     | PARTICIÓN  | 1 | 0 | -     | -   | -     | 0,46 | -    |
| P3-E1 | N.H.     | PARTICIÓN  | 1 | 0 | -     | -   | -     | 0,46 | -    |
| P3-S1 | N.H.     | PARTICIÓN  | 1 | 0 | -     | -   | -     | 0,46 | -    |
| P3-O1 | N.H.     | PARTICIÓN  | 1 | 0 | -     | -   | -     | 0,46 | -    |

## TOTALES PLANTA 03

50,88 3,00 53,88 11,32

## TOTALES EDIFICIO

150,28 31,60 181,88 53,46

## P U E N T E S T É R M I C O S

| Definición                | $\psi$<br>T. lineal<br>W/m-K | Longitud<br>L(m) | $\psi \times L$<br>W/K |
|---------------------------|------------------------------|------------------|------------------------|
| Frente forjados           | 0,1                          | 32,00            | 3,20                   |
| Cubiertas planas          | 0,225                        | 32,00            | 7,20                   |
|                           | 0,84                         | 24,00            | 20,16                  |
| Esquinas exteriores       | 0,043                        | 34,96            | 1,50                   |
| Esquinas interiores       |                              |                  | 0,00                   |
| Forjado int contacto aire |                              |                  | 0,00                   |
| Alfeizar                  | 0,08                         | 13,00            | 1,04                   |
|                           | 0,08                         | 2,00             | 0,16                   |
| Dinteles/capialzados      | 0,01                         | 13,00            | 0,13                   |
|                           | 0,01                         | 2,00             | 0,02                   |
| Jambas                    | 0,02                         | 22,00            | 0,44                   |
|                           | 0,02                         | 6,00             | 0,12                   |
| Pilares                   |                              |                  | 0,00                   |
| Suelos con terreno        |                              |                  | 0,00                   |
| <b>TOTALES EDIFICIO</b>   |                              | 180,96           | 33,97                  |

## DATOS PREVIOS

COMPACIDAD DEL EDIFICIO: 1,90

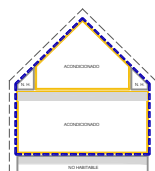
## CÁLCULO

$$K = \sum x H_x / A_{int} = \sum x b_{tr,x} [ \sum i A_{x,i} U_{x,i} + \sum k l_x k \psi_x, k + \sum_{xx,j} ] / \sum x i b_{tr,x} A_{x,i}$$

$$K = (69,32 + 39,56) / 181,88 = 0,60$$

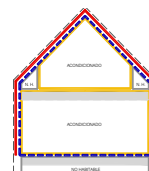
## C O M P R O B A C I Ó N K

| K<br>EDIFICIO | K <sub>lim</sub> | Cumplimiento<br>Valores límite |
|---------------|------------------|--------------------------------|
| 0,48          | 0,49             | CUMPLE                         |

**OPCIÓN 2: Segunda configuración**

Acondicionados: P.B Ocupación parcial BJ cubierta  
N.H.:Cámara sanitaria  
Envolvente térmica según esquema

En rojo se resaltan los  
contactos de la envolvente  
térmica con el exterior o  
terreno



| Código del elemento | Tipo de Contacto | Descripción | $\ell \in$ a ET?<br>$\in$ ET=1<br>$\notin$ ET=0 | Contacto EXTERIOR o TERRENO (btr,x)<br>SI=1<br>NO=0 | Sup. Parte OPACA (m <sup>2</sup> ) | Sup. HUECO (m <sup>2</sup> ) | Sup. E.T. en contacto EXTERIOR o TERRENO (m <sup>2</sup> ) | U W/m <sup>2</sup> K | U x Área W/K |
|---------------------|------------------|-------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------|--------------|
|---------------------|------------------|-------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------|--------------|

**PLANTA CÁMARA SANITARIA. P01**

La planta 01 correspondiente al nivel de cámara sanitaria, no se incluye en ninguna de las opciones dentro de la envolvente térmica por lo que no se detallan en la tabla las características de sus cerramientos.

**TOTALES PLANTA 01****PLANTA BAJA. P02**

|       |          |            |   |   |       |       |       |      |              |
|-------|----------|------------|---|---|-------|-------|-------|------|--------------|
| M2.N1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 25,40 |       | 25,40 | 0,22 | <b>5,59</b>  |
| H2.N1 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 | 1 |       | 6,60  | 6,60  | 1,14 | <b>7,52</b>  |
| M2.E1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 25,40 |       | 25,40 | 0,22 | <b>5,59</b>  |
| H2.E1 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 | 1 |       | 6,60  | 6,60  | 1,14 | <b>7,52</b>  |
| M2.S1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 21,00 |       | 21,00 | 0,22 | <b>4,62</b>  |
| H2.S1 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 | 1 |       | 11,00 | 11,00 | 1,14 | <b>12,54</b> |
| M2.O1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 27,60 |       | 27,60 | 0,22 | <b>6,07</b>  |
| H2.O1 | EXTERIOR | PUERTA     | 1 | 1 |       | 2,20  | 2,20  | 2,20 | <b>4,84</b>  |
| H2.O2 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 | 1 |       | 2,20  | 2,20  | 1,14 | <b>2,51</b>  |
| F2.1  | NH       | SUELO      | 1 | 1 | -     | -     | -     | 0,19 | -            |
| F3.1  | NH       | TECHO      | 1 | 0 | -     | -     | -     | 0,37 | -            |
| F3.2  | NH       | TECHO      | 1 | 0 | -     | -     | -     | 0,17 | -            |

**TOTALES PLANTA 02**

**99,40 28,60 128,00 56,80**

**PLANTA BAJOCUBIERTA. P03**

|       |          |            |   |   |       |     |       |      |             |
|-------|----------|------------|---|---|-------|-----|-------|------|-------------|
| M2.N1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 4     | -   | 4,00  | 0,22 | <b>0,88</b> |
| M2.E1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 4     | -   | 4,00  | 0,22 | <b>0,88</b> |
| M2.S1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 4     | -   | 4,00  | 0,22 | <b>0,88</b> |
| M2.O1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 4     | -   | 4,00  | 0,22 | <b>0,88</b> |
| F3.1  | NH       | SUELO      | 0 | - | -     | -   | -     | 0,37 | -           |
| F3.2  | NH       | SUELO      | 0 | - | -     | -   | -     | 0,17 | -           |
| C3.N1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 1 | 1 | 11,22 | -   | 11,22 | 0,17 | <b>1,91</b> |
| H3.N1 | EXTERIOR | LUCERNARIO | 1 | 1 |       | 1,5 | 1,50  | 1,29 | <b>1,94</b> |
| C3.E1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 1 | 1 | 12,72 | -   | 12,72 | 0,17 | <b>2,16</b> |
| C3.S1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 1 | 1 | 11,22 | -   | 11,22 | 0,17 | <b>1,91</b> |
| H3.S1 | EXTERIOR | LUCERNARIO | 1 | 1 |       | 1,5 | 1,50  | 1,29 | <b>1,94</b> |
| C3.O1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 1 | 1 | 12,72 | -   | 12,72 | 0,17 | <b>2,16</b> |
| C3.N2 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 1 | 1 | 9,87  |     | 9,87  | 0,17 | <b>1,68</b> |
| C3.E2 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 1 | 1 | 9,87  |     | 9,87  | 0,17 | <b>1,68</b> |
| C3.S2 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 1 | 1 | 9,87  |     | 9,87  | 0,17 | <b>1,68</b> |
| C3.O2 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 1 | 1 | 9,87  |     | 9,87  | 0,17 | <b>1,68</b> |
| P3.N1 | N.H.     | PARTICIÓN  | 1 | 0 | -     | -   | -     | 0,46 | -           |
| P3.E1 | N.H.     | PARTICIÓN  | 1 | 0 | -     | -   | -     | 0,46 | -           |
| P3.S1 | N.H.     | PARTICIÓN  | 1 | 0 | -     | -   | -     | 0,46 | -           |
| P3.O1 | N.H.     | PARTICIÓN  | 1 | 0 | -     | -   | -     | 0,46 | -           |

**TOTALES PLANTA 03**

**103,36 3,00 106,36 22,24**

**TOTALES EDIFICIO**

**202,76 31,60 234,36 79,05**

**P U E N T E S T É R M I C O S**

| Definición                | $\psi$<br>T. lineal<br>W/m-K | Longitud<br>L(m) | $\psi \times L$<br>W/K |
|---------------------------|------------------------------|------------------|------------------------|
| Frente forjados           | 0,1                          | 32,00            | 3,20                   |
| Cubiertas planas          | 0,225                        | 32,00            | 7,20                   |
|                           |                              |                  | 0,00                   |
| Esquinas exteriores       | 0,043                        | 40,60            | 1,75                   |
| Esquinas interiores       |                              |                  | 0,00                   |
| Forjado int contacto aire |                              |                  | 0,00                   |
| Alfeizar                  | 0,51                         | 13,00            | 6,63                   |
|                           | 0,08                         | 2,00             | 0,16                   |
| Dinteles/capialzados      | 0,01                         | 13,00            | 0,13                   |
|                           | 0,01                         | 2,00             | 0,02                   |
| Jambas                    | 0,02                         | 22,00            | 0,44                   |
|                           | 0,02                         | 6,00             | 0,12                   |
| Pilares                   |                              |                  | 0,00                   |
| Suelos con terreno        |                              |                  | 0,00                   |
| <b>TOTALES EDIFICIO</b>   |                              | <b>162,60</b>    | <b>19,65</b>           |

**DATOS PREVIOS**

COMPACIDAD DEL EDIFICIO: 1,73

**CÁLCULO**

$$K = \frac{\sum x H_x}{A_{int}} = \frac{\sum x b_{tr,x}}{\sum x A_{x,i} U_{x,i} + \sum k l_x k \psi_x k + \sum j x x_j} / \sum x b_{tr,x} A_{x,i}$$

$$K = (79,05 + 19,65) / 234,36 = 0,421$$

**C O M P R O B A C I Ó N K**

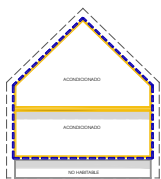
| K<br>EDIFICIO | $K_{lim}$   | Cumplimiento<br>Valores límite |
|---------------|-------------|--------------------------------|
| <b>0,42</b>   | <b>0,48</b> | <b>CUMPLE</b>                  |

Esta opción, es prácticamente idéntica a la configuración dos de la opción 1. Solamente se diferencian en la presencia de los dos lucernarios del bajocubierta que no estaban presentes en aquella. Con esta pequeña variación de superficies en la relación entre opacos y huecos el cumplimiento en cuanto a valores es muy similar.

**Consideraciones acerca del cumplimiento de esta configuración:**

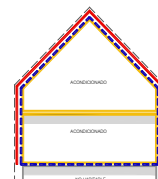
- La compacidad es idéntica pues tanto la superficie de envolvente en contacto con el aire exterior como el volumen encerrado son idénticos en ambos casos y su valor es 1,73. Por tanto el valor límite de referencia obtenido de la tabla 3.1.1.b-HE1 es el mismo en ambos casos: 0,48 W/m<sup>2</sup>K.
- Las pequeñas variaciones de superficies\* de opacos y de huecos debidas a la incorporación de los dos pequeños (2 x 1,5 m<sup>2</sup>) lucernarios del bajocubierta, penalizan ligeramente el valor de [K] y lo elevan en esta opción a 0,42 W/m<sup>2</sup>K frente a los 0,41 W/m<sup>2</sup>K de la configuración de la opción 1.

\*Existen pequeñas diferencias en las superficies reflejadas en las tablas debidas al redondeo de decimales realizado por la hoja de cálculo.

**OPCIÓN 3: configuración única**

Acondicionados: P.B Ocupación completa BJ cubierta  
N.H.:Cámara sanitaria  
Envolvente térmica según esquema

En rojo se resaltan los  
contactos de la envolvente  
térmica con el exterior o  
terreno



| Código del elemento | Tipo de Contacto | Descripción | ¿a ET?<br>∈ ET=1<br>∉ ET=0 | Sup. Parte<br>OPACA ET<br>(m²) | Sup.<br>HUECO ET<br>(m²) | Sup. E.T.<br>(m²) | U<br>W/m²K | U <sub>lim</sub><br>W/m²K |
|---------------------|------------------|-------------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------|-------------------|------------|---------------------------|
|---------------------|------------------|-------------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------|-------------------|------------|---------------------------|

**PLANTA CÁMARA SANITARIA. P01**

La planta 01 correspondiente al nivel de cámara sanitaria, no se incluye en ninguna de las opciones dentro de la envolvente térmica por lo que no se detallan en la tabla las características de sus cerramientos.

**TOTALES PLANTA 01****PLANTA BAJA. P02**

|       |          |            |   |   |       |       |       |      |              |
|-------|----------|------------|---|---|-------|-------|-------|------|--------------|
| M2-N1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 |   | 17,40 | -     | 17,40 | 0,22 | <b>3,83</b>  |
| H2-N1 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 |   | -     | 6,60  | 6,60  | 1,14 | <b>7,52</b>  |
| M2-E1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 |   | 17,40 | -     | 17,40 | 0,22 | <b>3,83</b>  |
| H2-E1 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 |   | -     | 6,60  | 6,60  | 1,14 | <b>7,52</b>  |
| M2-S1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 |   | 13,00 | -     | 13,00 | 0,22 | <b>2,86</b>  |
| H2-S1 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 |   | -     | 11,00 | 11,00 | 1,14 | <b>12,54</b> |
| M2-O1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 |   | 19,60 | -     | 19,60 | 0,22 | <b>4,31</b>  |
| H2-O1 | EXTERIOR | PUERTA     | 1 |   | -     | 2,20  | 2,20  | 2,20 | <b>4,84</b>  |
| H2-O2 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 |   | -     | 2,20  | 2,20  | 1,14 | <b>2,51</b>  |
| F2.1  | NH       | SUELO      | 0 | - | -     | -     | -     | 0,19 | -            |
| F3.1  | NH       | TECHO      | 0 | - | -     | -     | -     | 0,16 | -            |

**TOTALES PLANTA 02**

**67,40 28,60 96,00 49,76**

**PLANTA BAJOCUBIERTA. P03**

|       |          |            |   |   |       |      |       |      |             |
|-------|----------|------------|---|---|-------|------|-------|------|-------------|
| M2-N1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 |   | 10,50 | -    | 10,50 | 0,22 | <b>2,31</b> |
| H3-N1 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 |   | -     | 1,50 | 1,50  | 1,29 | <b>1,94</b> |
| M2-E1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 |   | 9,00  | -    | 9,00  | 0,22 | <b>1,98</b> |
| H3-E1 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 |   | -     | 1,50 | 1,50  | 1,29 | <b>1,94</b> |
| H3-E2 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 |   | -     | 1,50 | 1,50  | 1,29 | <b>1,94</b> |
| M2-S1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 |   | 10,50 | -    | 10,50 | 0,22 | <b>2,31</b> |
| H3-S1 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 |   | -     | 1,50 | 1,50  | 1,29 | <b>1,94</b> |
| M2-O1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 |   | 12,00 | -    | 12,00 | 0,22 | <b>2,64</b> |
| F3.1  | NH       | SUELO      | 0 | - | -     | -    | -     | 0,16 | -           |
| C3-N1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 1 |   | 21,60 | -    | 21,60 | 0,17 | <b>3,67</b> |
| H3-N2 | EXTERIOR | LUCERNARIO | 1 |   | -     | 1,00 | 1,00  | 1,29 | <b>1,29</b> |
| C3-E1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 1 |   | 20,60 | -    | 20,60 | 0,17 | <b>3,50</b> |
| H3-E3 | EXTERIOR | LUCERNARIO | 1 |   | -     | 1,00 | 1,00  | 1,29 | <b>1,29</b> |
| H3-E4 | EXTERIOR | LUCERNARIO | 1 |   | -     | 1,00 | 1,00  | 1,29 | <b>1,29</b> |
| C3-S1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 1 |   | 21,60 | -    | 21,60 | 0,17 | <b>3,67</b> |
| H3-S2 | EXTERIOR | LUCERNARIO | 1 |   | -     | 1,00 | 1,00  | 1,29 | <b>1,29</b> |
| C3-O1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 1 |   | 22,60 | -    | 22,60 | 0,17 | <b>3,84</b> |

**TOTALES PLANTA 03**

**128,40 10,00 138,40 36,83**

**TOTALES EDIFICIO**

**195,80 38,60 234,40 86,59**

**P U E N T E S T É R M I C O S**

| Definición                | ψ<br>T. lineal<br>W/m·K | Longitud<br>L(m) | ψ x L<br>W/K |
|---------------------------|-------------------------|------------------|--------------|
| Frente forjados           | 0,1                     | 32,00            | 3,20         |
| Cubiertas planas          | 0,225                   | 32,00            | 7,20         |
|                           |                         |                  | 0,00         |
| Esquinas exteriores       | 0,043                   | 40,60            | 1,75         |
| Esquinas interiores       |                         |                  | 0,00         |
| Forjado int contacto aire |                         |                  | 0,00         |
| Alfeizar                  | 0,51                    | 13,00            | 6,63         |
|                           | 0,08                    | 4,00             | 0,32         |
| Dinteles/capialzados      | 0,01                    | 13,00            | 0,13         |
|                           | 0,01                    | 4,00             | 0,04         |
| Jambas                    | 0,02                    | 22,00            | 0,44         |
|                           | 0,02                    | 20,00            | 0,40         |
| Pilares                   |                         |                  | 0,00         |
| Suelos con terreno        |                         |                  | 0,00         |

**TOTALES EDIFICIO**

**180,60 20,11**

**DATOS PREVIOS**

COMPACIDAD DEL EDIFICIO: 1,73

**CÁLCULO**

$$K = \frac{\sum x H_x}{A_{int}} = \frac{\sum x b_{tr,x} [\sum i A_{x,i} U_{x,i} + \sum k l_x k \psi_x, k + \sum j x_{x,j}]}{\sum x \sum i b_{tr,x} A_{x,i}}$$

$$K = (86,59 + 20,11) / 234,40 = 0,455$$

**C O M P R O B A C I Ó N K**

| K<br>EDIFICIO | K <sub>lim</sub> | Cumplimiento<br>Valores límite |
|---------------|------------------|--------------------------------|
| <b>0,46</b>   | <b>0,48</b>      | <b>CUMPLE</b>                  |

Esta configuración de la opción 3 es nuevamente muy similar a las anteriormente estudiadas que incluyen dentro de la envolvente térmica el volumen completo del edificio.

#### Consideraciones acerca del cumplimiento de esta configuración

- La compacidad es idéntica pues tanto la superficie de envolvente en contacto con el aire exterior como el volumen encerrado son idénticos en ambos casos y su valor es 1,73. Por tanto el valor límite de referencia obtenido de la tabla 3.1.1.b-HE1 es el mismo en ambos casos: 0,48 W/m<sup>2</sup>K.
- La principal diferencia en esta opción es que la proporción de huecos que se introduce en el bajocubierta es superior a la de la opción anteriormente estudiada. El programa funcional del bajocubierta en esta configuración es más amplio e incluye dos dormitorios con sus aseos y zonas comunes y de circulación. Este caso la superficie de huecos que se incorporan en el bajocubierta es de 10 m<sup>2</sup>. Los lucernarios son del tipo “balconero”, con una parte que se inserta en el faldón inclinado de cubierta y un módulo vertical en el cerramiento de fachada, que en este caso tiene una altura de 1,5 metros en el perímetro.
- Esta mayor superficie de huecos con una transmitancia superior al valor límite de [K], empeora ligeramente esa “media” [K= 0,46 W/m<sup>2</sup>K] y se produce un cumplimiento más ajustado que en las opciones similares anteriormente estudiadas.

## REFERIDOS AL CONTROL SOLAR DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

1. CONTROL SOLAR ( $q_{sol;jul}$ )

Tabla 3.1.2-HE1 Valor límite del parámetro de control solar,  $q_{sol;jul,lim}$  [kWh/m<sup>2</sup>·mes]

## DATOS PREVIOS

\* Ganancias solares en julio (kWh/m<sup>2</sup>) de huecos con protecciones móviles activadas

\* Área útil de los espacios incluidos dentro de la ET del edificio (m<sup>2</sup>)

$A_{util}$

El parámetro de control solar ( $q_{sol;jul}$ ), es la relación entre las ganancias solares para el mes de julio ( $Q_{sol;jul}$ ) a través de los huecos pertenecientes a la envolvente térmica con sus protecciones solares móviles activadas, y la superficie útil de los espacios incluidos dentro de la envolvente térmica ( $A_{util}$ ).

En el caso de edificios nuevos como el de nuestro ejemplo, el parámetro de control solar ( $q_{sol;jul}$ ) no superará el valor límite de la tabla 3.1.2-HE1 considerando además el uso del edificio (en nuestro caso residencial privado):

| USO                 | $q_{sol;jul}$ |
|---------------------|---------------|
| Residencial privado | 2,00          |
| Otros usos          | 4,00          |

Tabla 3.1.2-HE1 Valor límite del parámetro de control solar,  $q_{sol;jul,lim}$  [kWh/m<sup>2</sup>·mes]

Para obtener las ganancias por radiación solar que se producen a través de los huecos necesitamos conocer:

1. La radiación incidente sobre el hueco en el periodo de estudio (el mes de julio)
2. Las obstrucciones y protecciones fijas y móviles de las que dispone cada hueco y que limitan el acceso de la radiación solar durante el período que queremos analizar. Es decir, la transmitancia de energía solar de los huecos. Para ello necesitamos a su vez conocer:
  - Por una parte, la transmitancia solar del vidrio (factor solar del vidrio),
  - Los obstáculos o elementos de sombra fijos que limitan el acceso solar del hueco
  - Los elementos de sombra móviles previstos que se puedan activar como elementos de protección estacional.

El método de cálculo detallado de estos parámetros lo podemos conspartado 2,1 ultar en el DA DB-HE / 1. Cálculo de parámetros característicos de la envolvente.

Mediante tablas personalizadas para cada opción se define el cumplimiento de este requisito. En dichas tablas aparece la terminología que se define a continuación:

 $g_{gl;wi}$ 

Es la transmitancia total de energía solar del vidrio sin los dispositivos de sombra activos. Se expresa habitualmente como la relación en tanto por uno entre la radiación incidente y la que finalmente atraviesa el vidrio. Es un dato que normalmente nos facilitará el fabricante del vidrio. Se obtiene a partir del valor de la transmitancia total de energía solar a incidencia normal,  $g_{gl;n}$  y un factor de corrección por dispersión del vidrio,  $F_w = 0,90$ . ( $g_{gl;wi} = F_w \cdot g_{gl;n}$ ). (Tabla B.22 del Anexo B de la UNE-EN ISO 52016-1)

$g_{gl;sh,wi}$ 

Es la transmitancia total de energía solar del acristalamiento con los dispositivos de sombra móvil activos. Sus valores los podemos obtener en la "Tabla 12 Transmitancia total de energía solar de huecos para distintos dispositivos de sombra móvil ( $g_{gl;sh,wi}$ )" del *DB-HE / 1. Cálculo de parámetros característicos de la envolvente*.

 $F_{gl;sh,obst}$ 

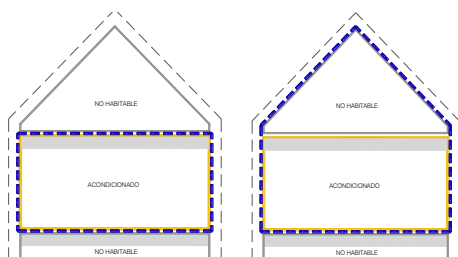
Es el factor de sombra del hueco o lucernario por obstáculos externos al hueco (voladizos, aletas laterales, retranqueos, obstáculos remotos, etc.). Se puede obtener de las tablas (tabla 16 a 19) del *DA DB-HE / 1. Cálculo de parámetros característicos de la envolvente*. En caso de que no se justifique adecuadamente, el valor de  $F_{sh,obst}$  se debe considerar igual a la unidad.

La consideración del factor de sombra que corresponda a la vegetación podrá ser tenida en cuenta o no por el proyectista, siendo necesaria una evaluación diferenciada en función de la geometría del elemento y su follaje (hoja perenne o caduca). En nuestro caso no se ha tenido en cuenta en ningunas de las opciones en estudio.

A continuación, se incluyen las tablas de comprobación del cumplimiento de este requisito que en nuestro caso y partiendo de la existencia de persianas, no ha planteado mayor dificultad. El hecho de haber incluido, como elemento de sombra móvil, las persianas tradicionales colocadas por el exterior y en un color claro, limita de manera importante la radiación solar que accede al interior del edificio encontrándose dichas persianas desplegadas. Las dificultades de cumplimiento serán mayores si empleamos dispositivos de protección solar móvil menos efectivos en tanto en cuanto dichos dispositivos,

- se dispongan por el interior en lugar de por el exterior
- su color sea oscuro con un factor reflexión más desfavorable, frente a colores más claros y factor de reflexión más favorable.
- se trate de toldos en lugar de persianas o cortinas en lugar de aquellos.

Las tablas de cumplimiento se han simplificado por opciones, sin detallar configuraciones dentro de cada opción, ya que estas últimas no modifican superficies ni características de los huecos ni superficies útiles de los espacios dentro de la envolvente térmica. Conviene comentar que los cálculos del factor de sombra del hueco por obstáculos externos ( $F_{gl;sh,obst}$ ) y las ganancias tanto en julio como totales se obtienen a través de la simulación de HULC (las ganancias son parámetros que necesitan calcularse mediante simulación térmica, no pueden calcularse a partir exclusivamente de datos geométricos).



## OPCIÓN 1: Para las dos configuraciones

Acondicionados: P.B

N.H.:Cámara sanitaria + B.J.Cubierta

Envolvente térmica según esquemas

| Código del elemento | Descripción | Sup. HUECO (m2) | $g_{gl;wi}$ | $g_{gl;sh,wi}$ | $F_{gl;sh,obst}$ | Ganancia de Julio en cada hueco (KWh/m <sup>2</sup> ) | Ganancia TOTAL de Julio en cada hueco (KWh) |
|---------------------|-------------|-----------------|-------------|----------------|------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
|---------------------|-------------|-----------------|-------------|----------------|------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------|

## PLANTA CÁMARA SANITARIA. P01

La planta 01 correspondiente al nivel de cámara sanitaria, no incluye ningún hueco por lo que no se detalla en la tabla.

|                   |      |
|-------------------|------|
| TOTALES PLANTA 01 | 0,00 |
|-------------------|------|

## PLANTA BAJA. P02

|       |                    |       |      |      |      |      |       |
|-------|--------------------|-------|------|------|------|------|-------|
| H2-N1 | VENTANA TIPO NORTE | 6,60  | 0,64 | 0,05 | 0,83 | 1,88 | 12,41 |
| H2-E1 | VENTANA TIPO ESTE  | 6,60  | 0,64 | 0,05 | 0,84 | 3,20 | 21,12 |
| H2-S1 | VENTANA TIPO SUR   | 11,00 | 0,5  | 0,05 | 0,56 | 1,75 | 19,25 |
| H2-O1 | PUERTA TIPO OESTE  | 2,20  | -    | 1,00 | 0,81 | 0,00 | 0,00  |
| H2-O2 | VENTANA TIPO OESTE | 2,20  | 0,5  | 0,05 | 0,81 | 3,35 | 7,37  |

|                   |       |
|-------------------|-------|
| TOTALES PLANTA 02 | 60,15 |
|-------------------|-------|

La planta 03 correspondiente al nivel bajocubierta, no incluye ningún hueco por lo que no se detalla en la tabla.

|                   |      |
|-------------------|------|
| TOTALES PLANTA 03 | 0,00 |
|-------------------|------|

|                         |              |
|-------------------------|--------------|
| <b>TOTALES EDIFICIO</b> | <b>60,15</b> |
|-------------------------|--------------|

## DATOS PREVIOS

ÁREA ÚTIL DEL EDIFICIO (m<sup>2</sup>)  
(Para esta configuración)

64,00

## CÁLCULO

$$q_{sol} = Q_{sol;jul} / A_{util} = \sum_k F_{sh;obst} \times g_{gl;sh,wi} \times (1-F_F) \times A_{w;p} \times H_{sol;jul} / A_{util}$$

$$q_{sol} = 60,15/64 = 0,939$$

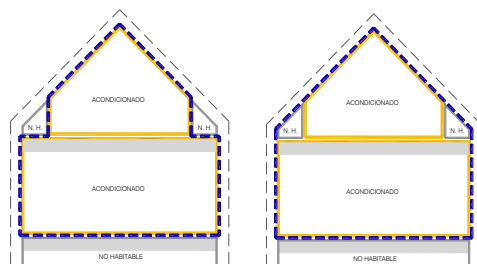
C O M P R O B A C I Ó N  $q_{sol;jul}$ 

| $q_{sol}$<br>EDIFICIO | $q_{sol}$ lim | Cumplimiento<br><i>Valores limite</i> |
|-----------------------|---------------|---------------------------------------|
|-----------------------|---------------|---------------------------------------|

0,94

2,00

**CUMPLE**



## OPCIÓN 2: Para las dos configuraciones

Acondicionados: P.B Ocupación parcial BJ cubierta

N.H.:Cámara sanitaria

Envolvente térmica según esquemas

| Código del elemento | Descripción | Sup. HUECO (m <sup>2</sup> ) | $g_{gl;wi}$ | $g_{gl;sh,wi}$ | $F_{gl;sh,obst}$ | Ganancia de Julio en cada hueco (KWh/m <sup>2</sup> ) | Ganancia TOTAL de Julio en cada hueco (KWh) |
|---------------------|-------------|------------------------------|-------------|----------------|------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
|---------------------|-------------|------------------------------|-------------|----------------|------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------|

## PLANTA CÁMARA SANITARIA. P01

La planta 01 correspondiente al nivel de cámara sanitaria, no incluye ningún hueco por lo que no se detalla en la tabla.

|                   |      |
|-------------------|------|
| TOTALES PLANTA 01 | 0,00 |
|-------------------|------|

## PLANTA BAJA. P02

|       |                    |       |      |      |      |      |       |
|-------|--------------------|-------|------|------|------|------|-------|
| H2-N1 | VENTANA TIPO NORTE | 6,60  | 0,61 | 0,05 | 0,83 | 1,88 | 12,41 |
| H2-E1 | VENTANA TIPO ESTE  | 6,60  | 0,64 | 0,05 | 0,84 | 3,20 | 21,12 |
| H2-S1 | VENTANA TIPO SUR   | 11,00 | 0,5  | 0,05 | 0,56 | 1,75 | 19,25 |
| H2-O1 | PUERTA TIPO OESTE  | 2,20  | -    | 1,00 | 0,81 | 0,00 | 0,00  |
| H2-O2 | VENTANA TIPO OESTE | 2,20  | 0,5  | 0,05 | 0,81 | 3,35 | 7,37  |

|                   |       |
|-------------------|-------|
| TOTALES PLANTA 02 | 60,15 |
|-------------------|-------|

|       |                       |      |      |      |      |      |       |
|-------|-----------------------|------|------|------|------|------|-------|
| H3-N1 | LUCERNARIO TIPO NORTE | 1,50 | 0,61 | 0,05 | 1,00 | 5,52 | 8,28  |
| H3-S1 | LUCERNARIO TIPO SUR   | 1,50 | 0,42 | 0,05 | 1,00 | 6,80 | 10,20 |

|                   |       |
|-------------------|-------|
| TOTALES PLANTA 03 | 18,48 |
|-------------------|-------|

|                  |       |
|------------------|-------|
| TOTALES EDIFICIO | 78,63 |
|------------------|-------|

## DATOS PREVIOS

ÁREA ÚTIL DEL EDIFICIO (m<sup>2</sup>)  
(Para esta configuración)

100,00

## CÁLCULO

$$q_{sol} = Q_{sol;jul} / A_{util} = \sum_k F_{sh;obst} \times g_{gl;sh,wi} \times (1-F_F) \times A_{w;p} \times H_{sol;jul} / A_{util}$$

$$q_{sol} = 78,63/100 = 0,786$$

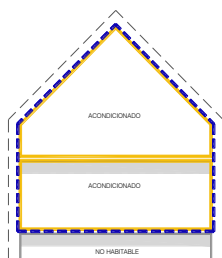
COMPROBACIÓN  $q_{sol;jul}$ 

| $q_{sol}$<br>EDIFICIO | $q_{sol}$ lim | Cumplimiento<br>Valores límite |
|-----------------------|---------------|--------------------------------|
|-----------------------|---------------|--------------------------------|

0,79

2,00

CUMPLE

**OPCIÓN 3: configuración única**

Acondicionados: P.B Ocupación completa BJ cubierta

N.H.:Cámara sanitaria

Envolvente térmica según esquema

| Código del elemento | Descripción | Sup. HUECO (m <sup>2</sup> ) | $g_{gl;wi}$ | $g_{gl;sh,wi}$ | $F_{gl;sh,obst}$ | Ganancia de Julio en cada hueco (KWh/m <sup>2</sup> ) | Ganancia TOTAL de Julio en cada hueco (KWh) |
|---------------------|-------------|------------------------------|-------------|----------------|------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
|---------------------|-------------|------------------------------|-------------|----------------|------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------|

## PLANTA CÁMARA SANITARIA. P01

La planta 01 correspondiente al nivel de cámara sanitaria, no incluye ningún hueco por lo que no se detalla en la tabla.

|                   |      |
|-------------------|------|
| TOTALES PLANTA 01 | 0,00 |
|-------------------|------|

## PLANTA BAJA. P02

|       |                    |       |      |      |      |      |       |
|-------|--------------------|-------|------|------|------|------|-------|
| H2-N1 | VENTANA TIPO NORTE | 6,60  | 0,61 | 0,05 | 0,83 | 1,88 | 12,41 |
| H2-E1 | VENTANA TIPO ESTE  | 6,60  | 0,64 | 0,05 | 0,84 | 3,20 | 21,12 |
| H2-S1 | VENTANA TIPO SUR   | 11,00 | 0,5  | 0,05 | 0,56 | 1,75 | 19,25 |
| H2-O1 | PUERTA TIPO OESTE  | 2,20  | -    | 1,00 | 0,81 | 0,00 | 0,00  |
| H2-O2 | VENTANA TIPO OESTE | 2,20  | 0,5  | 0,05 | 0,81 | 3,35 | 7,37  |

|                   |       |
|-------------------|-------|
| TOTALES PLANTA 02 | 60,15 |
|-------------------|-------|

|       |                       |      |      |      |      |      |      |
|-------|-----------------------|------|------|------|------|------|------|
| H3-S1 | LUCERNARIO TIPO SUR   | 1,00 | 0,42 | 0,05 | 1,00 | 6,80 | 6,80 |
| H3-S2 | LUCERNARIO TIPO SUR   | 1,50 | 0,42 | 0,05 | 0,99 | 3,28 | 4,92 |
| H3-E1 | LUCERNARIO TIPO ESTE  | 1,00 | 0,42 | 0,05 | 1,00 | 6,42 | 6,42 |
| H3-E2 | LUCERNARIO TIPO ESTE  | 1,00 | 0,42 | 0,05 | 1,00 | 6,42 | 6,42 |
| H3-E3 | LUCERNARIO TIPO ESTE  | 1,50 | 0,42 | 0,05 | 1,00 | 4,05 | 6,08 |
| H3-E4 | LUCERNARIO TIPO ESTE  | 1,50 | 0,42 | 0,05 | 1,00 | 4,05 | 6,08 |
| H3-N1 | LUCERNARIO TIPO NORTE | 1,00 | 0,61 | 0,05 | 1,00 | 5,52 | 5,52 |
| H3-N2 | LUCERNARIO TIPO NORTE | 1,50 | 0,61 | 0,05 | 0,98 | 2,37 | 3,56 |

|                   |       |
|-------------------|-------|
| TOTALES PLANTA 03 | 45,79 |
|-------------------|-------|

|                  |        |
|------------------|--------|
| TOTALES EDIFICIO | 105,93 |
|------------------|--------|

## DATOS PREVIOS

ÁREA ÚTIL DEL EDIFICIO (m<sup>2</sup>)

(Para esta configuración)

128,00

## CÁLCULO

$$q_{sol} = Q_{sol;jul} / A_{util} = \sum_k F_{sh;obst} \times g_{gl;sh,wi} \times (1-F_F) \times A_{w;p} \times H_{sol;jul} / A_{util}$$

$$q_{sol} = 105,93/128 = 0,828$$

COMPROBACIÓN  $q_{sol;jul}$ 

| $q_{sol}$ EDIFICIO | $q_{sol} \text{ lim}$ | Cumplimiento<br>Valores limite |
|--------------------|-----------------------|--------------------------------|
|--------------------|-----------------------|--------------------------------|

0,83

2,00

**CUMPLE**

## REFERIDOS AL CONTROL DE LA PERMEABILIDAD AL AIRE DE LA ET

Las soluciones constructivas y condiciones de ejecución de los elementos de la envolvente térmica asegurarán una adecuada estanqueidad al aire. Particularmente, se cuidarán los encuentros entre huecos y opacos, puntos de paso a través de la envolvente térmica y puertas de paso a espacios no acondicionados.

Con estas premisas, hemos de garantizar la estanqueidad suficiente al paso del aire en la envolvente térmica del edificio. Para ello se han de cumplir los siguientes requisitos.

1. PERMEABILIDAD AL AIRE (Q<sub>100</sub>) DE LOS HUECOS QUE PERTENECEN A LA ET

Tabla 3.1.3.a-HE1 Valor límite de permeabilidad al aire de huecos de la envolvente térmica, Q<sub>100,lim</sub> [m<sup>3</sup>/h·m<sup>2</sup>]

## DATOS PREVIOS

\* Zona climática de invierno **E**

\* Permeabilidad de los huecos medida con sobrepresión de 100 Pa **Q<sub>100</sub>**

La permeabilidad de todos los huecos de la envolvente térmica no superará los valores límite de la siguiente tabla:

| Tabla 3.1.3.a-HE1 Valor límite de permeabilidad al aire de huecos de la envolvente térmica, Q <sub>100,lim</sub> [m <sup>3</sup> /h·m <sup>2</sup> ] | Zona climática de invierno |      |      |     |     |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|------|------|-----|-----|-----|
|                                                                                                                                                      | α                          | A    | B    | C   | D   | E   |
| Permeabilidad al aire de huecos (Q <sub>100,lim</sub> )*                                                                                             | ≤ 27                       | ≤ 27 | ≤ 27 | ≤ 9 | ≤ 9 | ≤ 9 |

\* La permeabilidad indicada es la medida con una sobrepresión de 100Pa, Q<sub>100</sub>.

Los valores de permeabilidad establecidos se corresponden con los que definen la clase 2 (≤27 m<sup>3</sup>/h·m<sup>2</sup>) y clase 3 (≤9 m<sup>3</sup>/h·m<sup>2</sup>) de la UNE-EN 12207:2017. La permeabilidad del hueco se obtendrá teniendo en cuenta, en su caso, el cajón de persiana.

Los valores considerados en nuestros casos de estudio se corresponden en todos ellos con una clase 3 y límite de permeabilidad según ensayo normalizado de 9 m<sup>3</sup>/h·m<sup>2</sup>.

En consecuencia, el cuadro de justificación del cumplimiento sea el siguiente:

| OPCIÓN   |                     | Clase de la carpintería | Permeabilidad al aire de huecos (Q <sub>100</sub> ) [m <sup>3</sup> /h·m <sup>2</sup> ] | Valor límite (Q <sub>100,lim</sub> ) [m <sup>3</sup> /h·m <sup>2</sup> ] | CUMPLIMIENTO |
|----------|---------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Opción 1 | Configuración 1     | Clase 3                 | 9                                                                                       | ≤ 9                                                                      | CUMPLE       |
|          | Configuración 2     | Clase 3                 | 9                                                                                       | ≤ 9                                                                      | CUMPLE       |
| Opción 1 | Configuración 1     | Clase 3                 | 9                                                                                       | ≤ 9                                                                      | CUMPLE       |
|          | Configuración 2     | Clase 3                 | 9                                                                                       | ≤ 9                                                                      | CUMPLE       |
| Opción 3 | Configuración única | Clase 3                 | 9                                                                                       | ≤ 9                                                                      | CUMPLE       |

**2. RELACIÓN DEL CAMBIO DE AIRE CON UNA PRESIÓN DIFERENCIAL DE 50 Pa (n<sub>50</sub>)**

Tabla 3.1.3.b-HE1 Valor límite de la relación del cambio de aire con una presión de 50 Pa

**DATOS PREVIOS**

\* Compacidad del edificio según la configuración elegida (V/A) (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>)

\* Cálculo de la permeabilidad al aire del edificio

n<sub>50</sub>

**Relación del cambio de aire:** relación entre el flujo de aire a través de la envolvente térmica del edificio y su volumen interno. En el ámbito de este DB se emplea el valor obtenido para una presión diferencial a través de la envolvente de 50 Pa, (n<sub>50</sub>).

En edificios nuevos de uso residencial privado, con una superficie útil total superior a 120 m<sup>2</sup>, la relación del cambio de aire con una presión diferencial de 50 Pa (n<sub>50</sub>), no superará el valor límite de la tabla 3.1.3.b HE1.

| Compacidad V/A [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ] | n <sub>50</sub> |
|--------------------------------------------------|-----------------|
| V/A ≤ 2                                          | 6,00            |
| V/A ≥ 4                                          | 3,00            |

Los valores límite de las compacidades intermedias (2 < V/A < 4) se obtienen por interpolación

Los valores límite a cumplir son función de la compacidad del edificio. Dicho valor ya se ha calculado para nuestro edificio en los apartados anteriores para todas las opciones de estudio.

La condición de superficie útil superior a 120 m<sup>2</sup> hará que la aplicabilidad de este indicador sea diferente en las 3 opciones y variantes que estamos analizando. En las dos opciones de la configuración 1 la superficie útil de los espacios es de 60 m<sup>2</sup> por lo que no es de aplicación este requisito. Lo mismo ocurre en las dos configuraciones de la opción 2 en las que la superficie útil es de 100 m<sup>2</sup>. Solamente en la opción 3 en la que la superficie útil es de 128 m<sup>2</sup> habrá que justificar el cumplimiento de este requisito.

Para justificar el cumplimiento en el “Anejo H Determinación de la permeabilidad al aire del edificio” se proponen dos vías posibles:

- Determinación mediante ensayo. El valor de la relación del cambio de aire a 50 Pa, [n<sub>50</sub>], puede obtenerse mediante ensayo realizado según el método B de la norma UNE-EN 13829:2002 Determinación de la estanqueidad al aire en edificios (de próxima revisión). Método de presurización por medio de ventilador.
- Determinación mediante valores de referencia. El valor de la relación del cambio de aire a 50 Pa, [n<sub>50</sub>], puede calcularse, a partir de la siguiente expresión:

$$n_{50} = 0,629 \cdot (C_o \cdot A_o + Ch \cdot Ah) / V$$

donde:

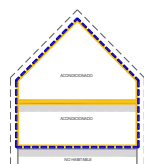
n<sub>50</sub> es el valor de la relación del cambio de aire a 50Pa;

V es el volumen interno (de aire interior en nuestras tablas) de la envolvente térmica, en [m<sup>3</sup>];

C<sub>o</sub> es el coeficiente de caudal de aire de la parte opaca de la envolvente térmica, expresada a 100 Pa, en [m<sup>3</sup>/h·m<sup>2</sup>], obtenido de la tabla a-Anejo H. Dicho valor es de 16 m<sup>3</sup>/h·m<sup>2</sup> para edificios nuevos o existentes con permeabilidad mejorada y 29 m<sup>3</sup>/h·m<sup>2</sup> para edificios existentes

- (\*)  $A_o$  es la superficie de la parte opaca de la envolvente térmica, en [m<sup>2</sup>];  
 $C_h$  es la permeabilidad de los huecos de la envolvente térmica, expresada a 100Pa, en [m<sup>3</sup>/h·m<sup>2</sup>], según su valor de ensayo;  
 $A_h$  es la superficie de los huecos de la envolvente térmica, en [m<sup>2</sup>].

En la siguiente tabla, se recogen todos los parámetros necesarios para el cálculo de este indicador.

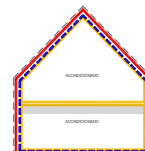


#### RELACIÓN DEL CAMBIO DE AIRE A 50 Pa [n<sub>50</sub>]

#### OPCIÓN 3: configuración única

Acondicionados: P.B Ocupación completa BJ cubierta  
 N.H.: Cámara sanitaria  
 Envolvente térmica según esquema

En rojo se resaltan los contactos de la envolvente térmica con el AIRE EXTERIOR



| Código del elemento | Tipo de Contacto | Detalle | $\lambda \in a$ ET?<br>$\in ET=1$<br>$\notin ET=0$ | Contacto EXTERIOR (btr,x)<br>SI=1<br>NO=0 | Sup. Parte OPACA (m <sup>2</sup> ) | Sup. HUECO (m <sup>2</sup> ) | ESPACIOS | TIPO DE ESPACIO | $\lambda \in a$ ET?<br>$\in ET=1$<br>$\notin ET=0$ | Sup. Planta dentro ET (m <sup>2</sup> ) | Sup. ÚTIL dentro ET (m <sup>2</sup> ) | Altura libre planta (m) | Volumen "aire interior" € ET (m <sup>3</sup> ) |
|---------------------|------------------|---------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------|----------|-----------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------|
|---------------------|------------------|---------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------|----------|-----------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------|

#### PLANTA CÁMARA SANITARIA. P01

La planta 01 correspondiente al nivel de cámara sanitaria, no se incluye en ninguna de las opciones dentro de la envolvente térmica por lo que no se detallan en la tabla las

|         |           |   |      |      |      |      |
|---------|-----------|---|------|------|------|------|
| P01 E01 | NO HABIT. | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,50 | 0,00 |
|---------|-----------|---|------|------|------|------|

#### TOTALES PLANTA 01

0,00 0,00 0,00

#### PLANTA BAJA. P02

|       |          |            |   |   |       |       |         |       |   |       |       |     |     |
|-------|----------|------------|---|---|-------|-------|---------|-------|---|-------|-------|-----|-----|
| M2-N1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 17,40 | -     | P02 E01 | ACOND | 1 | 64,00 | 64,00 | 2,5 | 160 |
| H2-N1 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 | 1 | -     | 6,60  |         |       |   |       |       |     |     |
| M2-E1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 17,40 | -     |         |       |   |       |       |     |     |
| H2-E1 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 | 1 | -     | 6,60  |         |       |   |       |       |     |     |
| M2-S1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 13,00 | -     |         |       |   |       |       |     |     |
| H2-S1 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 | 1 | -     | 11,00 |         |       |   |       |       |     |     |
| M2-O1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 19,60 | -     |         |       |   |       |       |     |     |
| H2-O1 | EXTERIOR | PUERTA     | 1 | 1 | -     | 2,20  |         |       |   |       |       |     |     |
| H2-O2 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 | 1 | -     | 2,20  |         |       |   |       |       |     |     |
| F2.1  | NH       | SUELO      | 0 | - | -     | -     |         |       |   |       |       |     |     |
| F3.1  | NH       | TECHO      | 0 | - | -     | -     |         |       |   |       |       |     |     |

#### TOTALES PLANTA 02

67,40 28,80 0,00 64,00 64,00 160,00

#### PLANTA BAJOCUBIERTA. P03

|       |          |            |   |   |       |      |         |       |   |    |    |  |  |
|-------|----------|------------|---|---|-------|------|---------|-------|---|----|----|--|--|
| M2-N1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 10,50 | -    | P03 E01 | ACOND | 1 | 64 | 64 |  |  |
| H3-N1 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 | 1 | -     | 1,50 |         |       |   |    |    |  |  |
| M2-E1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 9,00  | -    |         |       |   |    |    |  |  |
| H3-E1 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 | 1 | -     | 1,50 |         |       |   |    |    |  |  |
| H3-E2 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 | 1 | -     | 1,50 |         |       |   |    |    |  |  |
| M2-S1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 10,50 | -    |         |       |   |    |    |  |  |
| H3-S1 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 | 1 | -     | 1,50 |         |       |   |    |    |  |  |
| M2-O1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 12,00 | -    |         |       |   |    |    |  |  |
| F3.1  | NH       | SUELO      | 0 | - | -     | -    |         |       |   |    |    |  |  |
| C3-N1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 1 | 1 | 21,60 | -    |         |       |   |    |    |  |  |
| H3-N2 | EXTERIOR | LUCERNARIO | 1 | 1 | -     | 1,00 |         |       |   |    |    |  |  |
| C3-E1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 1 | 1 | 20,60 | -    |         |       |   |    |    |  |  |
| H3-E3 | EXTERIOR | LUCERNARIO | 1 | 1 | -     | 1,00 |         |       |   |    |    |  |  |
| H3-E4 | EXTERIOR | LUCERNARIO | 1 | 1 | -     | 1,00 |         |       |   |    |    |  |  |
| C3-S1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 1 | 1 | 21,60 | -    |         |       |   |    |    |  |  |
| H3-S2 | EXTERIOR | LUCERNARIO | 1 | 1 | -     | 1,00 |         |       |   |    |    |  |  |
| C3-O1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 1 | 1 | 22,60 | -    |         |       |   |    |    |  |  |

#### TOTALES PLANTA 03

128,40 10,00 0,00 64,00 64,00 181,30

#### TOTALES EDIFICIO

195,80 38,60 0,00 128,00 128,00 341,30

#### DATOS PREVIOS

Tabla a-Anejo H. Valores de referencia del coeficiente de caudal de aire para la parte opaca de la envolvente térmica,  $C_o$  [m<sup>3</sup>/h·m<sup>2</sup>] (100 Pa)

| Tipo de edificio                             | $C_o$ |
|----------------------------------------------|-------|
| Nuevo o existente con permeabilidad mejorada | 16    |
| Existente                                    | 29    |

COMPACIDAD 1,73

Permeabilidad al aire prevista en huecos. (m<sup>3</sup>/h·m<sup>2</sup>). 100 Pa

| Clase de carpintería | $C_h$ |
|----------------------|-------|
| CLASE 3              | 9     |

#### COMPROBACIÓN n<sub>50</sub>

| n <sub>50</sub> EDIFICIO | n <sub>50</sub> límite | Cumplimiento Valores límite |
|--------------------------|------------------------|-----------------------------|
|--------------------------|------------------------|-----------------------------|

$$n_{50} = 0,629 \cdot (C_o \cdot A_o + C_h \cdot A_h) / V$$

$$n_{50} = 0,629 \cdot (16 \cdot 195,80 + 9 \cdot 38,60) / 341,30 = 6,414$$

6,41

6,00

NO CUMPLE

(\*) En este caso el área de opacos está referida a la superficie de intercambio de aire con el exterior, por lo que, a diferencia del cálculo de K, tampoco incluye las superficies en contacto con el terreno, si no solamente las que están en contacto con el aire exterior.

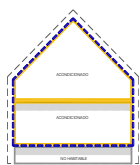
Como vemos, el valor de cálculo supera al valor límite establecido. En este caso las opciones de mejora o corrección para alcanzar el cumplimiento pueden tener diferente alcance.

- En primer lugar, si observamos la expresión de cálculo vemos que se pone en relación la superficie de la envolvente en contacto con el aire exterior (numerador) con el volumen que hemos llamado de “aire interior” (denominador) del edificio. Es decir, implícitamente, se está considerando el índice de forma del edificio, por tanto, una primera posibilidad de mejora de carácter general sería la reducción de este índice de forma del edificio.
- Como segunda opción de mejora se podrían adoptar medidas de intervención local sobre los elementos a través de los cuales se produce la permeabilidad.
  - o Respecto a la parte opaca, la metodología de cálculo propuesta no nos da margen de maniobra, pues fija exclusivamente dos valores posibles de coeficiente de caudal de aire a través de la parte opaca en función de si se trata de:
    - un edificio existente o
    - si se trata de un edificio con permeabilidad mejorada o de nueva construcción cómo es nuestro caso.
  - o Respecto a la superficie de huecos, la metodología nos da la posibilidad de mejorar (reducir) su permeabilidad si optamos por la prescripción en proyecto de carpinterías clase 4, cuyo límite de permeabilidad es de  $3 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ . Obsérvese también que con carpinterías clase 3 o 4, la permeabilidad del hueco es mejor en el cálculo que la permeabilidad de la parte opaca. En este sentido, desde el punto de vista del cumplimiento del indicador de cambio de aire  $[n_{50}]$ , nos beneficia una mayor superficie de huecos, aunque como hemos visto en el estudio del requisito del coeficiente K, normalmente penaliza a ese valor. Como siempre, habrá que buscar una solución de equilibrio.
- Por último, siempre será posible la justificación del cumplimiento de este indicador mediante la realización del ensayo de la puerta soplante (“blowerdoor” en inglés), que justifique que los valores de permeabilidad el edificio terminado, son inferiores al valor límite establecido en la tabla de referencia.

En nuestro caso, es posible a través de la segunda opción realizar una pequeña corrección que permite la justificación analítica del cumplimiento. Esta modificación consiste en reducir la permeabilidad de la superficie de huecos que para esta opción 3 configuración única es importante y alcanza los  $38,60 \text{ m}^2$ .

Efectivamente, si sustituimos la clase de carpintería 3 prevista en el proyecto por una clase 4 cuya permeabilidad límite es  $3 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ , vemos que alcanzamos el cumplimiento sin necesidad de recurrir al ensayo con el edificio terminado.

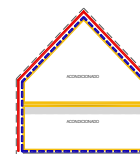
En la página siguiente se incorpora la ficha corregida con esta modificación ya incorporada.

RELACIÓN DEL CAMBIO DE AIRE A 50 Pa [n<sub>50</sub>]

## OPCIÓN 3: configuración única

Acondicionados: P.B Ocupación completa BJ cubierta  
N.H.:Cámara sanitaria  
Envolvente térmica según esquema

En rojo se resaltan los contactos de la envolvente térmica con el AIRE EXTERIOR



| Código del elemento | Tipo de Contacto | Detalle | ¿e a ET?<br>∈ ET=1<br>∉ ET=0 | Contacto EXTERIOR (btr,x)<br>SI=1<br>NO=0 | Sup. Parte OPACA (m²) | Sup. HUECO (m²) | ESPACIOS | TIPO DE ESPACIO | ¿e a ET?<br>∈ ET=1<br>∉ ET=0 | Sup. Planta dentro ET (m²) | Sup. ÚTIL dentro ET (m²) | Altura libre planta (m) | Volumen "aire interior" ∈ ET (m³) |
|---------------------|------------------|---------|------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------|-----------------|----------|-----------------|------------------------------|----------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
|---------------------|------------------|---------|------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------|-----------------|----------|-----------------|------------------------------|----------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------------------|

## PLANTA CÁMARA SANITARIA. P01

La planta 01 correspondiente al nivel de cámara sanitaria, no se incluye en ninguna de las opciones dentro de la envolvente térmica por lo que no se detallan en la tabla las

|         |           |   |      |      |      |      |
|---------|-----------|---|------|------|------|------|
| P01 E01 | NO HABIT. | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,50 | 0,00 |
|---------|-----------|---|------|------|------|------|

|                   |      |      |      |
|-------------------|------|------|------|
| TOTALES PLANTA 01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
|-------------------|------|------|------|

## PLANTA BAJA. P02

|         |       |   |       |       |     |     |
|---------|-------|---|-------|-------|-----|-----|
| P02 E01 | ACOND | 1 | 64,00 | 64,00 | 2,5 | 160 |
|---------|-------|---|-------|-------|-----|-----|

|       |          |            |   |   |       |       |
|-------|----------|------------|---|---|-------|-------|
| M2-N1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 17,40 | -     |
| H2-N1 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 | 1 | -     | 6,60  |
| M2-E1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 17,40 | -     |
| H2-E1 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 | 1 | -     | 6,60  |
| M2-S1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 13,00 | -     |
| H2-S1 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 | 1 | -     | 11,00 |
| M2-O1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 19,60 | -     |
| H2-O1 | EXTERIOR | PUERTA     | 1 | 1 | -     | 2,20  |
| H2-O2 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 | 1 | -     | 2,20  |
| F2.1  | NH       | SUELO      | 0 | - | -     | -     |
| F3.1  | NH       | TECHO      | 0 | - | -     | -     |

|                   |       |       |      |       |       |        |
|-------------------|-------|-------|------|-------|-------|--------|
| TOTALES PLANTA 02 | 67,40 | 28,60 | 0,00 | 64,00 | 64,00 | 160,00 |
|-------------------|-------|-------|------|-------|-------|--------|

## PLANTA BAJOCUBIERTA. P03

|         |       |   |    |    |              |       |
|---------|-------|---|----|----|--------------|-------|
| P03 E01 | ACOND | 1 | 64 | 64 | Equivalente* |       |
|         |       |   |    |    | 2,83         | 181,3 |

|       |          |            |   |   |       |      |
|-------|----------|------------|---|---|-------|------|
| M2-N1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 10,50 | -    |
| H3-N1 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 | 1 | -     | 1,50 |
| M2-E1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 9,00  | -    |
| H3-E1 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 | 1 | -     | 1,50 |
| H3-E2 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 | 1 | -     | 1,50 |
| M2-S1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 10,50 | -    |
| H3-S1 | EXTERIOR | VENTANA    | 1 | 1 | -     | 1,50 |
| M2-O1 | EXTERIOR | M, FACHADA | 1 | 1 | 12,00 | -    |
| F3.1  | NH       | SUELO      | 0 | - | -     | -    |
| C3-N1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 1 | 1 | 21,60 | -    |
| H3-N2 | EXTERIOR | LUCERNARIO | 1 | 1 | -     | 1,00 |
| C3-E1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 1 | 1 | 20,60 | -    |
| H3-E3 | EXTERIOR | LUCERNARIO | 1 | 1 | -     | 1,00 |
| H3-E4 | EXTERIOR | LUCERNARIO | 1 | 1 | -     | 1,00 |
| C3-S1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 1 | 1 | 21,60 | -    |
| H3-S2 | EXTERIOR | LUCERNARIO | 1 | 1 | -     | 1,00 |
| C3-O1 | EXTERIOR | CUBIERTA   | 1 | 1 | 22,60 | -    |

|                   |        |       |      |       |       |        |
|-------------------|--------|-------|------|-------|-------|--------|
| TOTALES PLANTA 03 | 128,40 | 10,00 | 0,00 | 64,00 | 64,00 | 181,30 |
|-------------------|--------|-------|------|-------|-------|--------|

|                  |        |       |      |        |        |        |
|------------------|--------|-------|------|--------|--------|--------|
| TOTALES EDIFICIO | 195,80 | 38,60 | 0,00 | 128,00 | 128,00 | 341,30 |
|------------------|--------|-------|------|--------|--------|--------|

## DATOS PREVIOS

Tabla a-Anejo H. Valores de referencia del coeficiente de caudal de aire para la parte opaca de la envolvente térmica, Co [m³/h·m²] (100 Pa)

| Tipo de edificio                             | C <sub>0</sub> |
|----------------------------------------------|----------------|
| Nuevo o existente con permeabilidad mejorada | 16             |
| Existente                                    | 29             |

COMPACIDAD 1,73

Permeabilidad al aire prevista en huecos. (m³/h·m²), 100 Pa

| Clase de carpintería | C <sub>h</sub> |
|----------------------|----------------|
| CLASE 4              | 3              |

COMPROBACIÓN n<sub>50</sub>

| n <sub>50</sub> EDIFICIO | n <sub>50</sub> límite | Cumplimiento Valores límite |
|--------------------------|------------------------|-----------------------------|
|--------------------------|------------------------|-----------------------------|

$$n_{50} = 0,629 \cdot (C_0 \cdot A_o + C_h \cdot A_h) / V$$

$$n_{50} = 0,629 \cdot (16 \cdot 195,80 + 3 \cdot 38,60) / 341,30 = 5,99$$

5,99

6,00

CUMPLE

## DESC

## 3. Limitación de descompensaciones

Dado que el edificio que estamos estudiando en sus 5 configuraciones diferentes, todos sus espacios pertenecen siempre a la misma “unidad de uso”<sup>6</sup>, una única propiedad y sin zonas comunes compartidas con otras unidades de uso, este apartado no se aplica a ninguna de sus particiones interiores.

COND  
ENSA

## 4. Limitación de condensaciones de la envolvente térmica

A este respecto dentro de la Sección HE 1. Condiciones para el control de la demanda energética, en el punto 3.3. Limitación de condensaciones en la envolvente térmica, se establece lo siguiente:

*En el caso de que se produzcan condensaciones intersticiales en la envolvente térmica del edificio, estas serán tales que no produzcan una merma significativa en sus prestaciones térmicas o supongan un riesgo de degradación o pérdida de su vida útil. En ningún caso, la máxima condensación acumulada en cada periodo anual podrá superar la cantidad de evaporación posible en el mismo periodo.*

Por tanto, la comprobación a la que se refiere este apartado ha de realizarse exclusivamente para las condensaciones intersticiales.

Esta comprobación no es necesario realizarla para los cerramientos en contacto con el terreno ni para aquellos que incorporen barrera de vapor. En el caso de incorporarse dicha barrera de vapor, es conveniente recordar que ha de situarse siempre en la cara caliente de dicho cerramiento. En particiones interiores en contacto con espacios no habitables en los que se prevea gran producción de humedad, se debe colocar la barrera contra el vapor en el lado del cerramiento en contacto con el espacio no habitable.

El documento de apoyo DA DB-HE / 2 “Comprobación de limitación de condensaciones superficiales e intersticiales en los cerramientos” recoge procedimientos para el cálculo del riesgo de condensaciones (tanto superficiales como intersticiales) y puede emplearse para el cálculo y justificación del cumplimiento de esta exigencia. En nuestro caso, para la justificación del cumplimiento se ha recurrido a dicho procedimiento de cálculo y en la Sección 3 de AYUDAS de esta guía, se desarrolla la comprobación completa para el MURO EXTERIOR del edificio.

<sup>6</sup> Definición incluida en el Anejo A del CTE DB HE. edificio o parte de él destinada a un uso específico, en la que sus usuarios están vinculados entre sí bien por pertenecer a una misma unidad familiar, empresa, corporación; o bien por formar parte de un grupo o colectivo que realiza la misma actividad. En el ámbito de este Documento Básico, se consideran unidades de uso diferentes, entre otras, las siguientes:

a) en edificios de vivienda, cada una de las viviendas.  
b) en edificios de otros usos, cada uno de los establecimientos o locales comerciales independientes.

del ejemplo. De igual forma se procedería con todos los cerramientos que requieran dicha comprobación. Se trata de justificar mediante cálculo analítico, que en ninguna de las capas que componen la solución constructiva empleada en el cerramiento, la presión de vapor supera el valor de la presión de saturación de vapor de agua. Esta comprobación se realiza bajo las condiciones exteriores medias más desfavorables (mes de enero) y las condiciones interiores operacionales o de cálculo.

La composición del cerramiento y las características necesarias (para el cálculo) de cada una de sus capas son las siguientes:

#### CARACTERIZACIÓN DEL CERRAMIENTO

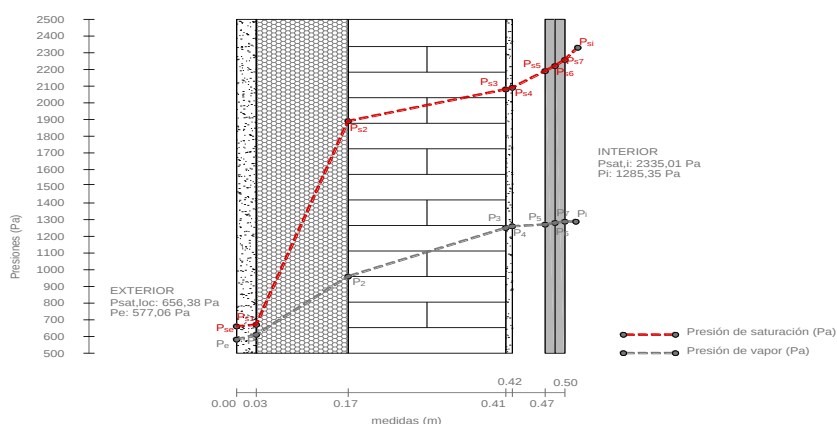
| CAPAS DEL CERRAMIENTO                        | espesor. e (m) | Cond. $\lambda$ (W/m·K) | $R_{termica}$ (m <sup>2</sup> ·K/W) | $\mu$ factor resist. difus. vapor de agua | $S_d$ (m) |
|----------------------------------------------|----------------|-------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------|-----------|
| Resistencia térmica suprf exterior           | -              | -                       | 0,04                                | -                                         | -         |
| 1 Mortero de cemento                         | 0,030          | 0,550                   | 0,05                                | 10                                        | 0,3       |
| 2 EPS Poliestireno                           | 0,140          | 0,038                   | 3,68                                | 20                                        | 2,8       |
| 3 1 pie Ladrillo Perforado métrico o catalán | 0,240          | 0,667                   | 0,36                                | 10                                        | 2,4       |
| 4 Mortero de cemento                         | 0,010          | 0,550                   | 0,02                                | 10                                        | 0,1       |
| 5 Cámara de aire sin ventilar vertical       | 0,050          |                         | 0,18                                | 1                                         | 0,05      |
| 6 Placa de yeso laminado                     | 0,015          | 0,250                   | 0,06                                | 4                                         | 0,06      |
| 7 Placa de yeso laminado                     | 0,015          | 0,250                   | 0,06                                | 4                                         | 0,06      |
| Resistencia térmica suprf. Interior          | -              | -                       | 0,13                                | -                                         | -         |

\*en el apartado de ayudas se define cada uno de estos valores y se indica la fuente o procedimiento para obtenerlos.

A modo de resumen (ver cálculo completo en la sección de AYUDAS) se detalla en la siguiente tabla, los resultados del cálculo y el cumplimiento de la condición descrita anteriormente por la que la presión de vapor (P) en cada capa del cerramiento es menor que la presión de saturación (P<sub>s</sub>):

|                                             | EXTERIOR                        | Superf ext.               | CAPA 1                    | CAPA 2                     | CAPA 3                     | CAPA 4                     | CAPA 5                     | CAPA 6                     | CAPA 7                     | Superf int.                | INTERIOR                   |
|---------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Resistencia térmica<br>m <sup>2</sup> ·K/ W | -                               | R <sub>se</sub><br>0,04   | R <sub>1</sub><br>0,055   | R <sub>2</sub><br>3,684    | R <sub>3</sub><br>0,360    | R <sub>4</sub><br>0,018    | R <sub>5</sub><br>0,180    | R <sub>6</sub><br>0,060    | R <sub>7</sub><br>0,060    | R <sub>si</sub><br>0,13    | -                          |
| Temperaturas<br>°C                          | $\theta_e$<br>1,00              | $\theta_{se}$<br>1,12     | $\theta_1$<br>1,34        | $\theta_2$<br>16,63        | $\theta_3$<br>18,13        | $\theta_4$<br>18,20        | $\theta_5$<br>18,95        | $\theta_6$<br>19,20        | $\theta_7$<br>19,45        | $\theta_{si}$<br>19,99     | $\theta_i$<br>20,00        |
| Pres. vapor satur.<br>Pa                    | P <sub>sat, loc</sub><br>656,38 | P <sub>se</sub><br>661,90 | P <sub>s1</sub><br>672,78 | P <sub>s2</sub><br>1892,07 | P <sub>s3</sub><br>2079,29 | P <sub>s4</sub><br>2089,16 | P <sub>s5</sub><br>2189,17 | P <sub>s6</sub><br>2223,42 | P <sub>s7</sub><br>2258,14 | P <sub>si</sub><br>2335,01 | P <sub>si</sub><br>2335,01 |
| Presiones vapor<br>Pa                       | P <sub>e</sub><br>577,06        | P <sub>e</sub><br>577,06  | P <sub>1</sub><br>613,89  | P <sub>2</sub><br>957,60   | P <sub>3</sub><br>1252,21  | P <sub>4</sub><br>1264,48  | P <sub>5</sub><br>1270,62  | P <sub>6</sub><br>1277,98  | P <sub>7</sub><br>1285,35  | P <sub>i</sub><br>1285,35  | P <sub>i</sub><br>1285,35  |

Trasladando estos valores sobre el esquema constructivo del cerramiento, se puede observar que las gráficas de ambas presiones no entran en contacto en ningún punto de la sección del muro. Por tanto, bajo las condiciones de este análisis, no existe riesgo de condensaciones intersticiales en el cerramiento.



**COMT**

## 5. Comentarios

Como resumen muy breve del análisis que se ha realizado de esta exigencia, decir lo siguiente:

- El control sobre la demanda energética se realiza mediante requisitos que favorecen el mejor comportamiento pasivo del edificio. Estos requisitos afectan a las pérdidas y ganancias de calor a través de la envolvente, a la capacidad del edificio para controlar la radiación solar a través de huecos, a la permeabilidad al paso del aire a través de la envolvente térmica (opacos y huecos) y a la presencia de condensaciones intersticiales en los cerramientos que puedan menoscabar sus prestaciones.
- Existe un amplio margen para el proyectista a la hora de definir la envolvente térmica tanto constructivamente, como en su propio trazado y relación con los espacios de su entorno.

**HE2****HE2. CONDICIONES DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS**

Esta exigencia se desarrolla en el vigente Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE). Dicho documento se encuentra actualmente en revisión.

No obstante, conviene recordar que la aplicación del RITE afecta a las características y condiciones de funcionamiento de las instalaciones térmicas las instalaciones fijas de climatización (calefacción, refrigeración y ventilación) y de producción de agua caliente sanitaria, destinadas a atender la demanda de bienestar térmico e higiene de las personas.

En nuestro edificio afecta a los siguientes sistemas y equipos de la vivienda:

- Sistema de calefacción y producción de ACS
- Sistema de ventilación

Respecto a las exigencias técnicas relativas a la eficiencia energética y que se recogen en el *Artículo 12. Eficiencia energética*, se dice:

*“Las instalaciones térmicas deben diseñarse y calcularse, ejecutarse, mantenerse y utilizarse de tal forma que se reduzca el consumo de energía convencional de las instalaciones térmicas y, como consecuencia, las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes atmosféricos, mediante la utilización de sistemas eficientes energéticamente, de sistemas que permitan la recuperación de energía y la utilización de las energías renovables y de las energías residuales”*

En concreto, se requiere el cumplimiento de los siguientes requisitos:

1. Rendimiento energético: los equipos de generación de calor y frío, así como los destinados al movimiento y transporte de fluidos, se seleccionarán en orden a conseguir que sus prestaciones, en cualquier condición de funcionamiento, estén lo más cercanas posible a su régimen de rendimiento máximo.
2. Distribución de calor y frío: los equipos y las conducciones de las instalaciones térmicas deben quedar aislados térmicamente, para conseguir que los fluidos portadores lleguen a las unidades terminales con temperaturas próximas a las de salida de los equipos de generación.
3. Regulación y control: las instalaciones estarán dotadas de los sistemas de regulación y control necesarios para que se puedan mantener las condiciones de diseño previstas en los locales climatizados, ajustando, al mismo tiempo, los consumos de energía a las variaciones de la demanda térmica, así como interrumpir el servicio.
4. Contabilización de consumos: las instalaciones térmicas deben estar equipadas con sistemas de contabilización para que el usuario conozca su consumo de energía, y para permitir el reparto de los gastos de explotación en función del consumo, entre distintos usuarios, cuando la instalación satisfaga la demanda de múltiples consumidores.

5. Recuperación de energía: las instalaciones térmicas incorporarán subsistemas que permitan el ahorro, la recuperación de energía y el aprovechamiento de energías residuales.
6. Utilización de energías renovables: las instalaciones térmicas aprovecharán las energías renovables disponibles, con el objetivo de cubrir con estas energías una parte de las necesidades del edificio.

Para justificar que una instalación cumple dichas exigencias, podrá optarse por una de las siguientes opciones:

- a) adoptar soluciones basadas en las **Instrucciones técnicas**, cuya correcta aplicación en el diseño y dimensionado, ejecución, mantenimiento y utilización de la instalación, es suficiente para acreditar el cumplimiento de las exigencias; o
- b) adoptar soluciones alternativas, entendidas como aquellas que se apartan parcial o totalmente de las Instrucciones técnicas. El proyectista o el director de la instalación, bajo su responsabilidad y previa conformidad de la propiedad, pueden adoptar soluciones alternativas, siempre que justifiquen documentalmente que la instalación diseñada satisface las exigencias del RITE porque sus prestaciones son, al menos, equivalentes a las que se obtendrían por la aplicación de las soluciones basadas en las Instrucciones técnicas.

Dentro de la PARTE II del documento referido a las Instrucciones Técnicas, la IT 1.2 Exigencia de eficiencia energética, recoge los requisitos a cumplir en los siguientes apartados:

- Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en la generación de calor y frío (apartado 1.2.4.1)
- Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en las redes de tuberías y conductos de calor y frío (apartado 1.2.4.2)
- Justificación del cumplimiento de la exigencia eficiencia energética de control de las instalaciones térmicas en el apartado 1.2.4.3.
- Justificación del cumplimiento de la exigencia de contabilización de consumos en el apartado 1. 2.4.4.
- Justificación del cumplimiento de la exigencia de recuperación de energía en el apartado 1.2.4.5.
- Justificación del cumplimiento de la exigencia de aprovechamiento de energías renovables en el apartado 1.2.4.6.
- Justificación del cumplimiento de la exigencia de limitación de la utilización de energía convencional en el apartado 1.2.4.7.

## HE3

## HE3.CONDICIONES DE LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN

NO ES DE APLICACIÓN AL USO RESIDENCIAL PRIVADO

Por tratarse nuestro ejemplo de un edificio nuevo y de uso residencial privado, existen diferentes exclusiones que afectan a la incorporación o exigencia sobre determinados sistemas. En concreto y en lo que afecta a este apartado, en el “*DB HE3 Condiciones de las instalaciones de iluminación*”, se excluyen del ámbito de aplicación las instalaciones interiores de viviendas. Por lo tanto, esta instalación no se describe en este apartado por no afectarle ninguna exigencia del Documento Básico de Ahorro de Energía en su sección HE 3.

Aunque obvio, convendría reseñar en este punto, que la “no exigencia” de este apartado, no significa que no sea conveniente el control sobre el rendimiento y consumo de esta instalación.

Una buena concepción de la instalación de iluminación, aprovechando en la mayor medida posible la iluminación natural y disponiendo como fuentes de iluminación artificial las de mejor rendimiento, contribuirá a un menor gasto energético general en el edificio.

## HE4

## HE4.CONTRIBUCIÓN MÍNIMA DE ENERGÍA RENOVABLE PARA CUBRIR LA DEMANDA DE AGUA CALIENTE SANITARIA

1. Preparación de datos previos a la comprobación
2. Contribución renovable mínima para ACS y/o climatización de piscina
3. Sistemas de medida de energía suministrada

## DAT

1. Preparación de datos previos a la comprobación

En el ámbito de aplicación definido en el documento básico exigencia "HE 4 Contribución mínima de energía renovable para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria" se dice lo siguiente:

## 1 Ámbito de aplicación

1 Las condiciones establecidas en este apartado son de aplicación a:

- a) edificios de nueva construcción con una demanda de agua caliente sanitaria (ACS) superior a 100 l/d, calculada de acuerdo al Anejo F.
- b) .....

En lo que afecta a nuestro ejemplo en sus diferentes configuraciones y teniendo en cuenta los cálculos de la demanda para cada caso según el procedimiento establecido en *Anejo F Demanda de referencia de ACS*, tenemos lo siguiente:

## DEMANDA DE ACS

## Opción 1: solo planta baja

|                            |                 |
|----------------------------|-----------------|
| Dormitorios                | 1               |
| Ocupantes (*)              | 1,5             |
| Necesidades de ACS         | 28 l/p-día      |
| (OP. 1) Demanda total de . | <b>42 l/día</b> |

## Opción 2: planta baja + bajocubierta

|                      |                 |
|----------------------|-----------------|
| Dormitorios          | 2               |
| Ocupantes (*)        | 3               |
| Necesidades de ACS   | 28 l/p-día      |
| Demanda total de ACS | <b>84 l/día</b> |

## Opción 3: planta baja + bajocubierta peraltada

|                      |                  |
|----------------------|------------------|
| Dormitorios          | 3                |
| Ocupantes (*)        | 4                |
| Necesidades de ACS   | 28 l/p-día       |
| Demanda total de ACS | <b>112 l/día</b> |

(\*) se ha considerado para el cálculo la ocupación estricta establecida en la *Tabla a-Anejo F. Valores mínimos de ocupación de cálculo en uso residencial privado*, dentro del *Anejo F Demanda de referencia de ACS (CTE DB HE)*

Como vemos, tanto la opción 1 como la 2 no alcanzan el valor mínimo de demanda de 100 litros/día por lo que esta exigencia no se aplica en estos dos casos. En la opción 3 la demanda de ACS es de 112 litros/día y en este caso habrá que comprobar que la contribución mediante fuentes de energía renovables en la preparación de ACS alcanza o mejora el valor límite normativo.

Dicho valor límite normativo se fija en la exigencia de la siguiente forma:

### 3.1 Contribución renovable mínima para ACS y/o climatización de piscina

1 La contribución mínima de energía procedente de fuentes renovables cubrirá al menos el 70% de la demanda energética anual para ACS y para climatización de piscina, obtenida a partir de los valores mensuales, e incluyendo las pérdidas térmicas por distribución, acumulación y recirculación. Esta contribución mínima podrá reducirse al 60% cuando la demanda de ACS sea inferior a 5000 l/d.

Se considerará únicamente la aportación renovable de la energía con origen in situ o en las proximidades del edificio, o procedente de biomasa sólida.

La contribución de energías renovables en nuestro caso, al ser la demanda inferior a 5000 l/d, será como mínimo del 60% de la energía necesaria.

En este caso la fuente renovable elegida es la biomasa densificada en formato pellets, destinados a la combustión en caldera.

## C. RENOV

### 2. Contribución renovable mínima para ACS y/o climatización de piscina

A partir de la demanda de ACS diaria obtenida en el apartado anterior, la temperatura del agua fría en la localidad (Albarracín) calculada según el criterio que se describe en el *Anejo G Temperatura del agua de red* y la temperatura de preparación (60°C en nuestro caso), se puede obtener la energía necesaria total anual para preparar el volumen de ACS que demanda el edificio. Si dividimos dicho valor por la superficie útil de proyecto obtenemos la demanda de ACS en KW·h/m²·año. Ese valor a criterio del proyectista se puede corregir al alza en función de las pérdidas estimadas en acumulación, transporte y recirculación (si existe) del sistema. Como ayuda para el cálculo y diseño de esta instalación se puede tomar como referencia la *Guía IDAE 022: Guía Técnica de Energía Solar Térmica (edición v1.0. Madrid, abril de 2020)*. En nuestro caso sobre el valor de demanda inicial estimaremos unas pérdidas por acumulación, transporte y recirculación del 10%. El resumen del cálculo es el siguiente:

| ENERGÍA NECESARIA ACS |                      |                                     |        | $*T_{AFY} = T_{AFCP} - B \cdot Az$ |                                   |               |                             | SUPERFICIE DE PROYECTO:      |                             | m²                                          |                                   |
|-----------------------|----------------------|-------------------------------------|--------|------------------------------------|-----------------------------------|---------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------|
|                       |                      |                                     |        |                                    |                                   |               |                             | OPCIÓN 3 configuración única |                             | 128,00                                      |                                   |
| MES                   | V <sub>día</sub> (l) | Tª agua fría Capital provincia (°C) | B      | Az (1200m.-912m.)                  | Tª agua fría a 1200 m.s.n.m. (°C) | Tª prep. (°C) | E <sub>nec</sub> (KW·h/día) | nº días                      | E <sub>NEC</sub> mes (KW·h) | Pérdidas en acumulación (10% estim.) (KW·h) | E <sub>NEC</sub> TOTAL mes (KW·h) |
| Enero                 | 112                  | 6,0                                 | 0,0066 | 288                                | 4,10                              | 60            | 7,28                        | 31                           | 225,72                      | 22,57                                       | 248,30                            |
| Febrero               | 112                  | 7,0                                 | 0,0066 | 288                                | 5,10                              | 60            | 7,15                        | 28                           | 200,23                      | 20,02                                       | 220,26                            |
| Marzo                 | 112                  | 8,0                                 | 0,0066 | 288                                | 6,10                              | 60            | 7,02                        | 31                           | 217,65                      | 21,76                                       | 239,41                            |
| Abril                 | 112                  | 10,0                                | 0,0033 | 288                                | 9,05                              | 60            | 6,64                        | 30                           | 199,10                      | 19,91                                       | 219,01                            |
| Mayo                  | 112                  | 12,0                                | 0,0033 | 288                                | 11,05                             | 60            | 6,38                        | 31                           | 197,66                      | 19,77                                       | 217,42                            |
| Junio                 | 112                  | 15,0                                | 0,0033 | 288                                | 14,05                             | 60            | 5,99                        | 30                           | 179,56                      | 17,96                                       | 197,52                            |
| Julio                 | 112                  | 18,0                                | 0,0033 | 288                                | 17,05                             | 60            | 5,59                        | 31                           | 173,43                      | 17,34                                       | 190,77                            |
| Agosto                | 112                  | 17,0                                | 0,0033 | 288                                | 16,05                             | 60            | 5,72                        | 31                           | 177,47                      | 17,75                                       | 195,22                            |
| Septiembre            | 112                  | 15,0                                | 0,0033 | 288                                | 14,05                             | 60            | 5,99                        | 30                           | 179,56                      | 17,96                                       | 197,52                            |
| Octubre               | 112                  | 12,0                                | 0,0066 | 288                                | 10,10                             | 60            | 6,50                        | 31                           | 201,50                      | 20,15                                       | 221,65                            |
| Noviembre             | 112                  | 8,0                                 | 0,0066 | 288                                | 6,10                              | 60            | 7,02                        | 30                           | 210,63                      | 21,06                                       | 231,69                            |
| Diciembre             | 112                  | 6,0                                 | 0,0066 | 288                                | 4,10                              | 60            | 7,28                        | 31                           | 225,72                      | 22,57                                       | 248,30                            |
| Total año:            |                      |                                     |        |                                    |                                   |               |                             |                              | 2.388,23                    | 238,82                                      | 2.627,05                          |
| Demanda KW·h/m²·año:  |                      |                                     |        |                                    |                                   |               |                             |                              | 18,66                       | 1,87                                        | 20,52                             |

Aplicando sobre el valor de demanda total estimada de **20,52 KW·h/m²·año**, el rendimiento estacional de la caldera, obtenemos la energía final consumida. Para este paso estimamos un rendimiento estacional aproximado del 88 %.

$$\frac{Q \text{ (calor entregado)}}{\text{Energía Final consumida}} = 0,88$$

$$\frac{20,52 \text{ kW} \cdot \text{h/m}^2 \cdot \text{año}}{\text{Energía final consumida}} = 0,88$$

$$\text{Energía Final consumida} = \frac{20,52 \text{ kW} \cdot \text{h/m}^2 \cdot \text{año}}{0,88} = \mathbf{23,32 \text{ kW} \cdot \text{h/m}^2 \cdot \text{año}}$$

A partir de un consumo de energía final para la producción de ACS de 23,32 kW·h/m²·año y aplicando el factor de paso de energía final a energía primaria total que fija para este vector energético el Documento Reconocido del RITE, “Factores de emisión de CO2 y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector de edificios en España”, obtenemos el consumo de energía primaria total:

$$\text{Energía Primaria Total: } 23,32 \cdot 1,113 = \mathbf{25,95 \text{ kW} \cdot \text{h/m}^2 \cdot \text{año}}$$

Análogamente, aplicando el factor de paso de energía final a energía primaria renovable, obtenemos el consumo de energía primaria renovable:

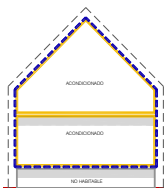
$$\text{Energía Primaria Renovable: } 23,32 \cdot 1,028 = \mathbf{23,97 \text{ kW} \cdot \text{h/m}^2 \cdot \text{año}}$$

En consecuencia, el porcentaje de contribución será:

$$\frac{23,97 \text{ KW} \cdot \text{h/m}^2 \cdot \text{año}}{25,95 \text{ KW} \cdot \text{h/m}^2 \cdot \text{año}} = \mathbf{0,9236}$$

Es decir, la energía primaria renovable total supone un **92,36 %** de la energía primaria total consumida en este servicio. Como es un porcentaje superior al 60% mínimo establecido, se cumple el requisito de contribución mínima de energía renovable en la preparación y producción de ACS.

El resumen de todo el proceso de cálculo se recoge en la siguiente tabla:



OPCIÓN 3:  
configuración única

#### CONTRIBUCIÓN RENOVABLE EN A.C.S.

| Demanda [D] en l/día | [D] en KW·h/m <sup>2</sup> ·año | Consumo E. Final KW·h/m <sup>2</sup> ·año | factor de paso a E.P.T. | Consumo E. Prim. Total KW·h/m <sup>2</sup> ·año | factor de paso a E.P.N.R. | Consumo E. P. NO RENOV. KW·h/m <sup>2</sup> ·año | Consumo E. P. RENOV. KW·h/m <sup>2</sup> ·año | E. P. R. sobre E.P.T. % |
|----------------------|---------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------|
| 112                  | 20,52                           | 23,32                                     | 1,113                   | 25,95                                           | 0,085                     | 1,98                                             | 23,97                                         | 92,36                   |

#### DATOS PREVIOS

Demanda total de ACS  
(calculada según Anejo F)

112 l/día

Mínimo  
aplicación  
100 l/día

FRACCIÓN  
RENOVABLE DEL  
CONSUMO DE  
E.P.R.T.  
(%)

VALOR LÍMITE  
CTE DB HE4  
(%)

Cumplimiento  
Valores límite

#### CONTRIBUCIÓN MÍNIMA DE ENERGÍA PROCEDENTE DE FUENTES RENOVABLES

Contribución general 70%  
Demanda de ACS < 5.000 l/d 60%

92,36

60

**CUMPLE**

## MEDID

### 1. Sistemas de medida de energía suministrada

Los sistemas de medida que se han de incorporar para el control de la energía suministrada en la preparación de ACS cumplirán las especificaciones y condiciones que se establecen en el Reglamento Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE).

*“Los sistemas de medida de la energía suministrada procedente de fuentes renovables se adecuarán al vigente Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE).”*

## HE5

## HE5.GENERACIÓN MÍNIMA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

NO ES DE APLICACIÓN AL RESIDENCIAL PRIVADO

Por tratarse nuestro ejemplo de un edificio nuevo y de uso residencial privado, existen diferentes exclusiones que afectan a la incorporación o exigencia sobre determinados sistemas. En concreto y en lo que afecta a este apartado, En el “*DB HE5 Generación mínima de energía eléctrica*”, se excluye en su aplicación al uso residencial privado. Por tanto, no es exigible que este edificio incorpore ninguna instalación de producción de energía eléctrica procedente de fuentes renovables.

## HE0

## HE0.LIMITACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO

1. Preparación de datos previos a la comprobación
2. Consumo de energía primaria no renovable
3. Consumo de energía primaria total
4. Horas fuera de consigna
5. Resultados

## DAT

1. Preparación de datos previos a la comprobación

Debido a la complejidad de los cálculos que es preciso realizar en este apartado, recurrimos a los valores obtenidos mediante simulación del modelo en HULC. Estas simulaciones han sido contrastadas a lo largo de todo el proceso mediante la comprobación de los resultados obtenidos en los diferentes cálculos previos.

## EPNR

2. Consumo de energía primaria no renovable

El consumo de energía primaria no renovable ( $C_{ep,nren}$ ) de los espacios contenidos en el interior de la envolvente térmica del edificio o, en su caso, de la parte del edificio considerada, no superará el valor límite ( $C_{ep,nren,lim}$ ) obtenido de la tabla 3.1.a-HE0 para uso residencial privado (que es nuestro caso):

## CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Tabla 3.1.a - HE0 Valor límite  $C_{ep,nren,lim}$  [kW·h/m<sup>2</sup>·año] para uso residencial privado

|                                                 | Zona climática de invierno |    |    |    |    |    |
|-------------------------------------------------|----------------------------|----|----|----|----|----|
|                                                 | $\alpha$                   | A  | B  | C  | D  | E  |
| Edificios nuevos y ampliaciones                 | 20                         | 25 | 28 | 32 | 38 | 43 |
| Cambios de uso a residencial privado y reformas | 40                         | 50 | 55 | 65 | 70 | 80 |

## EPT

## 3. Consumo de energía primaria total

El consumo de energía primaria total ( $C_{ep,tot}$ ) de los espacios contenidos en el interior de la envolvente térmica del edificio o, en su caso, de la parte del edificio considerada, no superará el valor límite ( $C_{ep,tot,lim}$ ) obtenido de la tabla 3.2.a-HE0 para uso residencial privado como es nuestro caso:

## CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA TOTAL

| Tabla 3.2.a - HE0<br>Valor límite $C_{ep,tot,lim}$ [kW·h/m <sup>2</sup> ·año] para uso residencial privado | Zona climática de invierno |    |    |    |     |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|----|----|----|-----|-----|
|                                                                                                            | $\alpha$                   | A  | B  | C  | D   | E   |
| Edificios nuevos y ampliaciones                                                                            | 40                         | 50 | 56 | 64 | 76  | 86  |
| Cambios de uso a residencial privado y reformas                                                            | 55                         | 75 | 80 | 90 | 105 | 115 |

## HORAS

## 4. Horas fuera de consigna

El total de horas fuera de consigna no excederá el 4% del tiempo total de ocupación. En el diseño de los sistemas previstos para el acondicionamiento térmico de los espacios, se ha de prever esta circunstancia. De las 8760 horas que tiene el año, los espacios acondicionados del edificio no pueden permanecer más 350 horas fuera de las condiciones de confort establecidas.

RESUL  
TADOS

## 5. Resultados

A continuación, se exponen los valores de consumo de cada configuración y para cada uno de los servicios que demanda el edificio. Cada tabla consta de dos partes. En la primera, mediante hoja de cálculo, a partir del consumo de energía final obtenido con HULC y aplicando los factores de paso<sup>7</sup>, se obtienen los consumos de energía primaria total (E.P.T.), energía primaria no renovable (E.P.N.R.), y energía primaria renovable (E.P.R.).

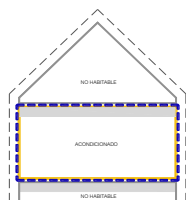
La segunda parte de cada tabla, referida al cumplimiento de los valores límite, se aplica directamente sobre los datos de la ficha que ofrece HULC para la justificación del cumplimiento. Entre la primera y

<sup>7</sup> Figuran en el Documento Reconocido del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) FACTORES DE EMISIÓN DE CO<sub>2</sub> y COEFICIENTES DE PASO A ENERGÍA PRIMARIA DE DIFERENTES FUENTES DE ENERGÍA FINAL CONSUMIDAS EN EL SECTOR DE EDIFICIOS EN ESPAÑA.

segunda tabla de cada grupo, puede haber pequeñas variaciones en los decimales de algunos de los valores.

| Factores de conversión de energía final a primaria |                                        |                                           |                                    |
|----------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------|
|                                                    | Valores aprobados                      |                                           |                                    |
|                                                    | kWh E.primaria renovable /kWh E. final | kWh E.primaria no renovable /kWh E. final | kWh E.primaria total /kWh E. final |
| Electricidad convencional Nacional                 | 0,396                                  | 2,007                                     | 2,403                              |
| Electricidad convencional peninsular               | 0,414                                  | 1,954                                     | 2,368                              |
| Electricidad convencional extrapeninsular          | 0,075                                  | 2,937                                     | 3,011                              |
| Electricidad convencional Baleares                 | 0,082                                  | 2,968                                     | 3,049                              |
| Electricidad convencional Canarias                 | 0,070                                  | 2,924                                     | 2,994                              |
| Electricidad convencional Ceuta y Melilla          | 0,072                                  | 2,718                                     | 2,790                              |
| Gasóleo calefacción                                | 0,003                                  | 1,179                                     | 1,182                              |
| GLP                                                | 0,003                                  | 1,201                                     | 1,204                              |
| Gas natural                                        | 0,005                                  | 1,190                                     | 1,195                              |
| Carbón                                             | 0,002                                  | 1,082                                     | 1,084                              |
| Biomasa no densificada                             | 1,003                                  | 0,034                                     | 1,037                              |
| Biomasa densificada (pelets)                       | 1,028                                  | 0,085                                     | 1,113                              |

Tabla de factores de paso entre energía final y primaria según vectores energéticos.



#### OPCIÓN 1: Primera configuración

Acondicionados: P.B

N.H.:Cámara sanitaria + B.J.Cubierta

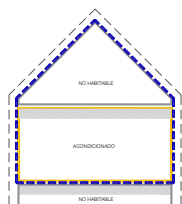
Envolvente térmica según esquema

| SERVICIO      | VECTOR ENERGÉTICO | [D]<br>KW·h/m²·año | Consumo E. Final<br>KW·h/m²·año | factor de paso a E.P.T. | Consumo E. Prim. Total<br>KW·h/m²·año | factor de paso a E.P.N.R. | Consumo E. P. NO RENOV.<br>KW·h/m²·año | Consumo E. P. RENOV.<br>KW·h/m²·año |
|---------------|-------------------|--------------------|---------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|---------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|
| CALEFACCIÓN   | BIOMASA           | 65,75              | 70,34                           | 1,113                   | 78,29                                 | 0,085                     | 5,98                                   | 72,31                               |
| REFRIGERACIÓN | ELECTRICIDAD      | 12,3               | 4,88                            | 2,368                   | 11,56                                 | 1,954                     | 9,54                                   | 2,02                                |
| ACS           | BIOMASA           | 19,98              | 21,48                           | 1,113                   | 23,91                                 | 0,085                     | 1,83                                   | 22,09                               |
| VENTILACIÓN   | ELECTRICIDAD      | -                  | 0,37                            | 2,368                   | 0,88                                  | 1,954                     | 0,72                                   | 0,15                                |
| TOTALES       |                   |                    | 97,07                           |                         | 114,63                                |                           | 18,06                                  | 96,57                               |

#### CUMPLIMIENTO HE0

| CONSUMO ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m²año) |              |              | CONSUMO ENERGÍA PRIMARIA TOTAL (kWh/m²año) |              |              | NÚMERO DE HORAS FUERA DE CONSIGNA |                |              |
|---------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------------------------------------|--------------|--------------|-----------------------------------|----------------|--------------|
| Valor edificio                                    | Valor límite | Cumplimiento | Valor edificio                             | Valor límite | Cumplimiento | Valor edificio                    | Valor límite   | Cumplimiento |
| 18,10                                             | 43,00        | CUMPLE       | 114,60                                     | 86,00        | NO CUMPLE    | 119,00                            | 350 (4% anual) | CUMPLE       |

**N O C U M P L E**

**OPCIÓN 1: Segunda configuración**

Acondicionados: P.B

N.H.: Cámara sanitaria + B.J. Cubierta

Envolvente térmica según esquema

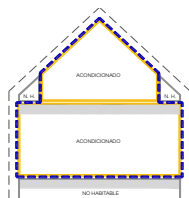
| SERVICIO      | VECTOR ENERGÉTICO | [D]<br>KW·h/m²·año | Consumo<br>E. Final<br>KW·h/m²·año | factor de<br>paso a<br>E.P.T. | Consumo<br>E. Prim. Total<br>KW·h/m²·año | factor de<br>paso a<br>E.P.N.R. | Consumo<br>E. P. NO RENOV.<br>KW·h/m²·año | Consumo<br>E. P. RENOV.<br>KW·h/m²·año |
|---------------|-------------------|--------------------|------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------|
| CALEFACCIÓN   | BIOMASA           | 66,4               | 71,01                              | 1,113                         | 79,03                                    | 0,085                           | 6,04                                      | 73,00                                  |
| REFRIGERACIÓN | ELECTRICIDAD      | 12,32              | 4,89                               | 2,368                         | 11,58                                    | 1,954                           | 9,56                                      | 2,02                                   |
| ACS           | BIOMASA           | 19,98              | 21,48                              | 1,113                         | 23,91                                    | 0,085                           | 1,83                                      | 22,09                                  |
| VENTILACIÓN   | ELECTRICIDAD      | -                  | 0,37                               | 2,368                         | 0,88                                     | 1,954                           | 0,72                                      | 0,15                                   |
| TOTALES       |                   |                    | 97,75                              |                               | 115,40                                   |                                 | 18,14                                     | 97,26                                  |

## CUMPLIMIENTO HE0

| CONSUMO ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m²año) |              |              | CONSUMO ENERGÍA PRIMARIA TOTAL (kWh/m²año) |              |              | NÚMERO DE HORAS FUERA DE CONSIGNA |                   |              |
|---------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------------------------------------|--------------|--------------|-----------------------------------|-------------------|--------------|
| Valor edificio                                    | Valor límite | Cumplimiento | Valor edificio                             | Valor límite | Cumplimiento | Valor edificio                    | Valor límite      | Cumplimiento |
| 18,10                                             | 43,00        | CUMPLE       | 115,40                                     | 86,00        | NO CUMPLE    | 121,00                            | 350<br>(4% anual) | CUMPLE       |

**N O C U M P L E**

(\*) En esta configuración pese a que la envolvente térmica contiene tanto el espacio acondicionado de planta baja como el espacio no habitable de bajocubierta, la superficie de referencia que se utiliza para los cálculos de consumo de energía primaria por m² solo tiene en cuenta la superficie de los espacios habitables de la envolvente térmica, es decir, la misma que para la primera configuración de la opción 1.

**OPCIÓN 2: Primera configuración**

Acondicionados: P.B Ocupación parcial B.J cubierta

N.H.: Cámara sanitaria + espacio perimetral en B.J.C

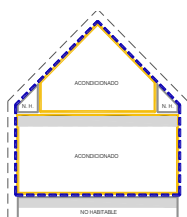
Envolvente térmica según esquema

| SERVICIO      | VECTOR ENERGÉTICO | [D]<br>KW·h/m²·año | Consumo<br>E. Final<br>KW·h/m²·año | factor de<br>paso a<br>E.P.T. | Consumo<br>E. Prim. Total<br>KW·h/m²·año | factor de<br>paso a<br>E.P.N.R. | Consumo<br>E. P. NO RENOV.<br>KW·h/m²·año | Consumo<br>E. P. RENOV.<br>KW·h/m²·año |
|---------------|-------------------|--------------------|------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------|
| CALEFACCIÓN   | BIOMASA           | 39,19              | 44,11                              | 1,113                         | 49,09                                    | 0,085                           | 3,75                                      | 45,35                                  |
| REFRIGERACIÓN | ELECTRICIDAD      | 4,63               | 1,84                               | 2,368                         | 4,36                                     | 1,954                           | 3,60                                      | 0,76                                   |
| ACS           | BIOMASA           | 21,71              | 23,34                              | 1,113                         | 25,98                                    | 0,085                           | 1,98                                      | 24,00                                  |
| VENTILACIÓN   | ELECTRICIDAD      | -                  | 0,54                               | 2,368                         | 1,28                                     | 1,954                           | 1,06                                      | 0,22                                   |
| TOTALES       |                   |                    | 69,83                              |                               | 80,71                                    |                                 | 10,38                                     | 70,33                                  |

## CUMPLIMIENTO HE0

| CONSUMO ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m²año) |              |              | CONSUMO ENERGÍA PRIMARIA TOTAL (kWh/m²año) |              |              | NÚMERO DE HORAS FUERA DE CONSIGNA |                   |              |
|---------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------------------------------------|--------------|--------------|-----------------------------------|-------------------|--------------|
| Valor edificio                                    | Valor límite | Cumplimiento | Valor edificio                             | Valor límite | Cumplimiento | Valor edificio                    | Valor límite      | Cumplimiento |
| 10,40                                             | 43,00        | CUMPLE       | 80,70                                      | 86,00        | CUMPLE       | 78,00                             | 350<br>(4% anual) | CUMPLE       |

**C U M P L E**

**OPCIÓN 2: Segunda configuración**

Acondicionados: P.B. Ocupación parcial BJ cubierta

N.H.: Cámara sanitaria

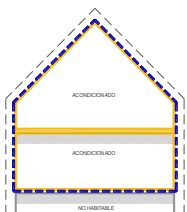
Envolvente térmica según esquema

| SERVICIO      | VECTOR ENERGÉTICO | [D]<br>KW·h/m <sup>2</sup> ·año | Consumo<br>E. Final<br>KW·h/m <sup>2</sup> ·año | factor de<br>paso a<br>E.P.T. | Consumo<br>E. Prim. Total<br>KW·h/m <sup>2</sup> ·año | factor de<br>paso a<br>E.P.N.R. | Consumo<br>E. P. NO RENOV.<br>KW·h/m <sup>2</sup> ·año | Consumo<br>E. P. RENOV.<br>KW·h/m <sup>2</sup> ·año |
|---------------|-------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| CALEFACCIÓN   | BIOMASA           | 36,65                           | 41,15                                           | 1,113                         | 45,80                                                 | 0,085                           | 3,50                                                   | 42,30                                               |
| REFRIGERACIÓN | ELECTRICIDAD      | 4,63                            | 1,84                                            | 2,368                         | 4,36                                                  | 1,954                           | 3,60                                                   | 0,76                                                |
| ACS           | BIOMASA           | 21,71                           | 23,34                                           | 1,113                         | 25,98                                                 | 0,085                           | 1,98                                                   | 24,00                                               |
| VENTILACIÓN   | ELECTRICIDAD      | -                               | 0,54                                            | 2,368                         | 1,28                                                  | 1,954                           | 1,06                                                   | 0,22                                                |
| TOTALES       |                   |                                 | 66,87                                           |                               | 77,42                                                 |                                 | 10,13                                                  | 67,29                                               |

## CUMPLIMIENTO HE0

| CONSUMO ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m <sup>2</sup> año) |              |              | CONSUMO ENERGÍA PRIMARIA TOTAL (kWh/m <sup>2</sup> año) |              |              | NÚMERO DE HORAS FUERA DE CONSIGNA |                   |              |
|----------------------------------------------------------------|--------------|--------------|---------------------------------------------------------|--------------|--------------|-----------------------------------|-------------------|--------------|
| Valor edificio                                                 | Valor límite | Cumplimiento | Valor edificio                                          | Valor límite | Cumplimiento | Valor edificio                    | Valor límite      | Cumplimiento |
| 10,10                                                          | 43,00        | CUMPLE       | 77,40                                                   | 86,00        | CUMPLE       | 67,00                             | 350<br>(4% anual) | CUMPLE       |

C U M P L E

**OPCIÓN 3: configuración única**

Acondicionados: P.B. Ocupación completa BJ cubierta

N.H.: Cámara sanitaria

Envolvente térmica según esquema

| SERVICIO      | VECTOR ENERGÉTICO | [D]<br>KW·h/m <sup>2</sup> ·año | Consumo<br>E. Final<br>KW·h/m <sup>2</sup> ·año | factor de<br>paso a<br>E.P.T. | Consumo<br>E. Prim. Total<br>KW·h/m <sup>2</sup> ·año | factor de<br>paso a<br>E.P.N.R. | Consumo<br>E. P. NO RENOV.<br>KW·h/m <sup>2</sup> ·año | Consumo<br>E. P. RENOV.<br>KW·h/m <sup>2</sup> ·año |
|---------------|-------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| CALEFACCIÓN   | BIOMASA           | 30,02                           | 34,88                                           | 1,113                         | 38,82                                                 | 0,085                           | 2,96                                                   | 35,86                                               |
| REFRIGERACIÓN | ELECTRICIDAD      | 4,83                            | 1,92                                            | 2,368                         | 4,55                                                  | 1,954                           | 3,75                                                   | 0,79                                                |
| ACS           | BIOMASA           | 21,54                           | 23,16                                           | 1,113                         | 25,78                                                 | 0,085                           | 1,97                                                   | 23,81                                               |
| VENTILACIÓN   | ELECTRICIDAD      | -                               | 0,47                                            | 2,368                         | 1,11                                                  | 1,954                           | 0,92                                                   | 0,19                                                |
| TOTALES       |                   |                                 | 60,43                                           |                               | 70,26                                                 |                                 | 9,60                                                   | 60,66                                               |

## CUMPLIMIENTO HE0

| CONSUMO ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m <sup>2</sup> año) |              |              | CONSUMO ENERGÍA PRIMARIA TOTAL (kWh/m <sup>2</sup> año) |              |              | NÚMERO DE HORAS FUERA DE CONSIGNA |                   |              |
|----------------------------------------------------------------|--------------|--------------|---------------------------------------------------------|--------------|--------------|-----------------------------------|-------------------|--------------|
| Valor edificio                                                 | Valor límite | Cumplimiento | Valor edificio                                          | Valor límite | Cumplimiento | Valor edificio                    | Valor límite      | Cumplimiento |
| 9,60                                                           | 43,00        | CUMPLE       | 70,30                                                   | 86,00        | CUMPLE       | 1,00                              | 350<br>(4% anual) | CUMPLE       |

C U M P L E

## RESM

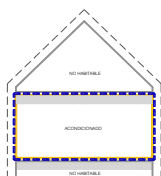
## RESUMEN DEL CUMPLIMIENTO DE LOS INDICADORES DE CADA SECCIÓN

1. Tablas resumen de todos los requisitos. Comentarios

A continuación, se reúnen por opciones y para cada exigencia el grado de cumplimiento de cada uno de sus requisitos y valores límite.

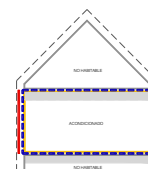
## COMENT

1. Tablas resumen de todos los requisitos. Comentarios

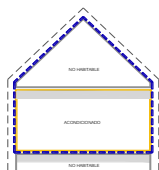


## OPCIÓN 1: Primera configuración

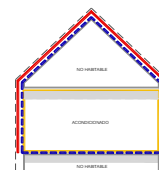
Acondicionados: P.B  
N.H.: Cámara sanitaria + B.J. Cubierta  
Envolvente térmica según esquema



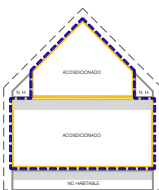
| CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS          |        | HE1                                |                |              | HE2                                  | HE3                                                 | HE4                                              | HE5                                                 | HE0                                       |                |              |        |       |
|--------------------------------------|--------|------------------------------------|----------------|--------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------|--------------|--------|-------|
|                                      |        | Indicador                          | Valor edificio | Valor límite | RITE (no se desarrolla en esta guía) | NO APLICA (por tratarse de uso residencial privado) | NO APLICA (por tener demanda inferior a 100/día) | NO APLICA (por tratarse de uso residencial privado) | Indicador                                 | Valor edificio | Valor límite |        |       |
| Sup. opacos [m²]                     | 99,40  | U <sub>cerramientos</sub> [W/m²K]  |                |              |                                      |                                                     |                                                  |                                                     | Consumo EP no renovable [KWh/m²año]       | 18,10          | 43,00        |        |       |
|                                      |        | CUMPLEN TODOS                      |                |              |                                      |                                                     |                                                  |                                                     | CUMPLE                                    |                |              |        |       |
| Sup. huecos [m²]                     | 28,60  | K <sub>global</sub> [W/m²K]        | 0,58           | 0,49         |                                      |                                                     |                                                  |                                                     |                                           |                |              |        |       |
|                                      |        | NO CUMPLE                          |                |              |                                      |                                                     |                                                  |                                                     | CUMPLE                                    |                |              |        |       |
| Longitud ptes térmicos [m]           | 130,00 | q <sub>sol</sub> [kWh/m²mes]       | 0,94           | 2,00         |                                      |                                                     |                                                  |                                                     |                                           |                |              |        |       |
|                                      |        | CUMPLE                             |                |              |                                      |                                                     |                                                  |                                                     | Consumo EP total [KWh/m²año]              |                |              | 114,60 | 86,00 |
| Sup. ET [m²]                         | 128,00 | Q <sub>100</sub> [m3/hm²]          | 9              | ≤ 9          |                                      |                                                     |                                                  |                                                     | NO CUMPLE                                 |                |              |        |       |
|                                      |        | CUMPLE                             |                |              |                                      |                                                     |                                                  |                                                     |                                           |                |              |        |       |
| Sup. útil de cálculo [m²]            | 64,00  | n <sub>50</sub> [h <sup>-1</sup> ] | 5,5            | -            |                                      |                                                     |                                                  |                                                     | Nº horas fuera de consigna (máx 4% anual) |                |              | 119    | 350   |
|                                      |        | NO APLICA (Sup 64 m² < 120 m²)     |                |              |                                      |                                                     |                                                  |                                                     | CUMPLE                                    |                |              |        |       |
| Volúmen ET [m³]                      | 256,00 | U <sub>particiones</sub> [W/m²K]   |                |              |                                      |                                                     |                                                  |                                                     |                                           |                |              |        |       |
|                                      |        | CUMPLEN TODOS                      |                |              |                                      |                                                     |                                                  |                                                     | CUMPLE                                    |                |              |        |       |
| Volumen de "aire interior" € ET [m³] | 224,00 | Condensaciones                     |                |              |                                      |                                                     |                                                  |                                                     |                                           |                |              |        |       |
|                                      |        | CUMPLEN TODOS                      |                |              |                                      |                                                     |                                                  |                                                     |                                           |                |              |        |       |
| Compacidad [m³/m²]                   | 2,00   | INCOMPLETO                         |                |              | INCOMPLETO                           |                                                     |                                                  |                                                     |                                           |                |              |        |       |

**OPCIÓN 1: Segunda configuración**

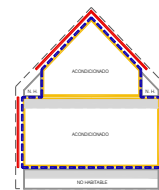
Acondicionados: P.B  
N.H.: Cámara sanitaria + B.J. Cubierta  
Envolvente térmica según esquema



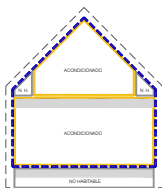
| CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS          |        | HE1                            |                |              | HE2                                  | HE3                                                 | HE4                                               | HE5                                                 | HE0                                       |                |              |        |       |
|--------------------------------------|--------|--------------------------------|----------------|--------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------|--------------|--------|-------|
|                                      |        | Indicador                      | Valor edificio | Valor límite |                                      |                                                     |                                                   |                                                     | Indicador                                 | Valor edificio | Valor límite |        |       |
| Sup. opacos [m²]                     | 205,80 | U cerramientos [W/m²K]         |                |              | RITE (no se desarrolla en esta guía) | NO APLICA (por tratarse de uso residencial privado) | NO APLICA (por tener demanda inferior a 100l/día) | NO APLICA (por tratarse de uso residencial privado) | Consumo EP no renovable [KWh/m²año]       | 18,10          | 43,00        |        |       |
|                                      |        | CUMPLEN TODOS                  |                |              |                                      |                                                     |                                                   |                                                     | CUMPLE                                    |                |              |        |       |
| Sup. huecos [m²]                     | 28,60  | K global [W/m²K]               | 0,41           | 0,48         |                                      |                                                     |                                                   |                                                     |                                           |                |              |        |       |
|                                      |        | CUMPLE                         |                |              |                                      |                                                     |                                                   |                                                     |                                           |                |              |        |       |
| Longitud ptes térmicos [m]           | 152,60 | q sol [kWh/m²mes]              | 0,94           | 2,00         |                                      |                                                     |                                                   |                                                     |                                           |                |              |        |       |
|                                      |        | CUMPLE                         |                |              |                                      |                                                     |                                                   |                                                     |                                           |                |              |        |       |
| Sup. ET [m²]                         | 234,40 | Q100 [m3/hm²]                  | 9              | ≤ 9          |                                      |                                                     |                                                   |                                                     | Consumo EP total [KWh/m²año]              |                |              | 115,40 | 86,00 |
|                                      |        | CUMPLE                         |                |              |                                      |                                                     |                                                   |                                                     | NO CUMPLE                                 |                |              |        |       |
| Sup. útil de cálculo [m²]            | 64,00  | n50 [h⁻¹]                      | 6,76           | -            |                                      |                                                     |                                                   |                                                     | Nº horas fuera de consigna (máx 4% anual) |                |              | 121    | 350   |
|                                      |        | NO APLICA (Sup 64 m² < 120 m²) |                |              |                                      |                                                     |                                                   |                                                     |                                           |                |              |        |       |
| Volúmen ET [m³]                      | 405,12 | U particiones [W/m²K]          |                |              |                                      |                                                     |                                                   |                                                     |                                           |                |              |        |       |
|                                      |        | CUMPLEN TODOS                  |                |              |                                      |                                                     |                                                   |                                                     | CUMPLE                                    |                |              |        |       |
| Volumen de "aire interior" € ET [m³] | 341,12 | Condensaciones                 |                |              |                                      |                                                     |                                                   |                                                     |                                           |                |              |        |       |
|                                      |        | CUMPLEN TODOS                  |                |              |                                      |                                                     |                                                   |                                                     |                                           |                |              |        |       |
| Compacidad [m³/m²]                   | 1,73   | COMPLETO                       |                |              |                                      |                                                     |                                                   |                                                     | INCOMPLETO                                |                |              |        |       |

**OPCIÓN 2: Primera configuración**

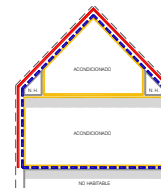
Acondicionados: P.B Ocupación parcial B.J. cubierta  
N.H.: Cámara sanitaria  
Envolvente térmica según esquema



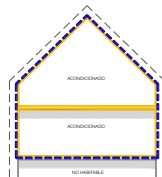
| CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS          |        | HE1                                |                |              | HE2                                  | HE3                                                 | HE4                                               | HE5                                                 | HE0                                 |                |              |       |       |
|--------------------------------------|--------|------------------------------------|----------------|--------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------|--------------|-------|-------|
|                                      |        | Indicador                          | Valor edificio | Valor límite |                                      |                                                     |                                                   |                                                     | Indicador                           | Valor edificio | Valor límite |       |       |
| Sup. opacos [m²]                     | 147,28 | U <sub>cerramientos</sub> [W/m²K]  |                |              | RITE (no se desarrolla en esta guía) | NO APLICA (por tratarse de uso residencial privado) | NO APLICA (por tener demanda inferior a 100l/día) | NO APLICA (por tratarse de uso residencial privado) | Consumo EP no renovable [KWh/m²año] | 10,40          | 43,00        |       |       |
|                                      |        | CUMPLEN TODOS                      |                |              |                                      |                                                     |                                                   |                                                     | CUMPLE                              |                |              |       |       |
| Sup. huecos [m²]                     | 31,60  | K <sub>global</sub> [W/m²K]        | 0,61           | 0,49         |                                      |                                                     |                                                   |                                                     |                                     |                |              |       |       |
|                                      |        | NO CUMPLE                          |                |              |                                      |                                                     |                                                   |                                                     |                                     |                |              |       |       |
| Longitud ptes térmicos [m]           | 180,96 | q <sub>sol</sub> [kWh/m²mes]       | 0,79           | 2,00         |                                      |                                                     |                                                   |                                                     |                                     |                |              |       |       |
|                                      |        | CUMPLE                             |                |              |                                      |                                                     |                                                   |                                                     |                                     |                |              |       |       |
| Sup. ET [m²]                         | 178,88 | Q <sub>100</sub> [m3/hm²]          | 9              | ≤ 9          |                                      |                                                     |                                                   |                                                     | Consumo EP total [KWh/m²año]        |                |              | 80,70 | 86,00 |
|                                      |        | CUMPLE                             |                |              |                                      |                                                     |                                                   |                                                     | CUMPLE                              |                |              |       |       |
| Sup. útil de cálculo [m²]            | 100,00 | n <sub>50</sub> [h <sup>-1</sup> ] | 5,64           | -            |                                      |                                                     |                                                   |                                                     |                                     |                |              |       |       |
|                                      |        | NO APLICA (Sup 64 m² < 120 m²)     |                |              |                                      |                                                     |                                                   |                                                     |                                     |                |              |       |       |
| Volúmen ET [m³]                      | 339,88 | U <sub>particiones</sub> [W/m²K]   |                |              |                                      |                                                     |                                                   |                                                     |                                     |                |              |       |       |
|                                      |        | CUMPLEN TODOS                      |                |              |                                      |                                                     |                                                   |                                                     | CUMPLE                              |                |              |       |       |
| Volumen de "aire interior" € ET [m³] | 289,88 | Condensaciones                     |                |              |                                      |                                                     |                                                   |                                                     |                                     |                |              |       |       |
|                                      |        | CUMPLEN TODOS                      |                |              |                                      |                                                     |                                                   |                                                     |                                     |                |              |       |       |
| Compacidad [m³/m²]                   | 1,90   | INCOMPLETO                         |                |              |                                      |                                                     |                                                   |                                                     | COMPLETO                            |                |              |       |       |

**OPCIÓN 2: Segunda configuración**

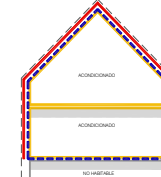
Acondicionados: P.B. Ocupación parcial BJ cubierta  
N.H.: Cámara sanitaria  
Envolvente térmica según esquema



| CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS          |        | HE1                                |                |              | HE2                                  | HE3                                                 | HE4                                               | HE5                                                 | HE0 |                                           |                |              |       |       |
|--------------------------------------|--------|------------------------------------|----------------|--------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----|-------------------------------------------|----------------|--------------|-------|-------|
|                                      |        | Indicador                          | Valor edificio | Valor límite |                                      |                                                     |                                                   |                                                     |     | Indicador                                 | Valor edificio | Valor límite |       |       |
| Sup. opacos [m²]                     | 202,76 | U <sub>cerramientos</sub> [W/m²K]  |                |              | RITE (no se desarrolla en esta guía) | NO APLICA (por tratarse de uso residencial privado) | NO APLICA (por tener demanda inferior a 100l/día) | NO APLICA (por tratarse de uso residencial privado) |     | Consumo EP no renovable [KWh/m²año]       | 10,10          | 43,00        |       |       |
|                                      |        | CUMPLEN TODOS                      |                |              |                                      |                                                     |                                                   |                                                     |     | CUMPLE                                    |                |              |       |       |
| Sup. huecos [m²]                     | 31,60  | K <sub>global</sub> [W/m²K]        | 0,42           | 0,48         |                                      |                                                     |                                                   |                                                     |     | CUMPLE                                    |                |              |       |       |
|                                      |        | CUMPLE                             |                |              |                                      |                                                     |                                                   |                                                     |     | CUMPLE                                    |                |              |       |       |
| Longitud ptes térmicos [m]           | 162,60 | q <sub>sol</sub> [kWh/m²mes]       | 0,79           | 2,00         |                                      |                                                     |                                                   |                                                     |     | Consumo EP total [KWh/m²año]              |                |              | 77,40 | 86,00 |
|                                      |        | CUMPLE                             |                |              |                                      |                                                     |                                                   |                                                     |     | CUMPLE                                    |                |              |       |       |
| Sup. ET [m²]                         | 234,36 | Q <sub>100</sub> [m3/hm²]          | 9              | ≤ 9          |                                      |                                                     |                                                   |                                                     |     | CUMPLE                                    |                |              |       |       |
|                                      |        | CUMPLE                             |                |              |                                      |                                                     |                                                   |                                                     |     | CUMPLE                                    |                |              |       |       |
| Sup. útil de cálculo [m²]            | 100,00 | n <sub>50</sub> [h <sup>-1</sup> ] | 6,4            | -            |                                      |                                                     |                                                   |                                                     |     | Nº horas fuera de consigna (máx 4% anual) |                |              | 67    | 350   |
|                                      |        | NO APLICA (Sup 64 m² < 120 m²)     |                |              |                                      |                                                     |                                                   |                                                     |     | CUMPLE                                    |                |              |       |       |
| Volúmen ET [m³]                      | 405,33 | U <sub>particiones</sub> [W/m²K]   |                |              |                                      |                                                     |                                                   |                                                     |     | CUMPLE                                    |                |              |       |       |
|                                      |        | CUMPLEN TODOS                      |                |              |                                      |                                                     |                                                   |                                                     |     | CUMPLE                                    |                |              |       |       |
| Volumen de "aire interior" € ET [m³] | 117,33 | Condensaciones                     |                |              |                                      |                                                     |                                                   |                                                     |     | CUMPLE                                    |                |              |       |       |
|                                      |        | CUMPLEN TODOS                      |                |              |                                      |                                                     |                                                   |                                                     |     | CUMPLE                                    |                |              |       |       |
|                                      |        |                                    |                |              |                                      |                                                     |                                                   |                                                     |     |                                           |                |              |       |       |
| Compacidad [m³/m²]                   | 1,73   | COMPLETO                           |                |              | COMPLETO                             |                                                     |                                                   |                                                     |     |                                           |                |              |       |       |

**OPCIÓN 3: configuración única**

Acondicionados: P.B. Ocupación completa BJ cubierta  
N.H.: Cámara sanitaria



| CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS          |        | HE1                                |                |              | HE2                                  | HE3                                                 | HE5   | HE0                                       |                |              |       |       |
|--------------------------------------|--------|------------------------------------|----------------|--------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------|----------------|--------------|-------|-------|
|                                      |        | Indicador                          | Valor edificio | Valor límite | Indicador                            | v.edif                                              | v.lim | Indicador                                 | Valor edificio | Valor límite |       |       |
| Sup. opacos [m²]                     | 195,80 | U <sub>cerramientos</sub> [W/m²K]  |                |              | RITE (no se desarrolla en esta guía) | NO APLICA (por tratarse de uso residencial privado) |       | Consumo EP no renovable [KWh/m²año]       | 9,60           | 43,00        |       |       |
|                                      |        | CUMPLEN TODOS                      |                |              |                                      |                                                     |       | CUMPLE                                    |                |              |       |       |
| Sup. huecos [m²]                     | 38,60  | K <sub>global</sub> [W/m²K]        | 0,46           | 0,48         |                                      |                                                     |       | CUMPLE                                    |                |              |       |       |
|                                      |        | CUMPLE                             |                |              |                                      |                                                     |       | CUMPLE                                    |                |              |       |       |
| Longitud ptes térmicos [m]           | 180,60 | q <sub>sol</sub> [kWh/m²mes]       | 0,79           | 2,00         |                                      |                                                     |       | Consumo EP total [KWh/m²año]              |                |              | 70,30 | 86,00 |
|                                      |        | CUMPLE                             |                |              |                                      |                                                     |       | CUMPLE                                    |                |              |       |       |
| Sup. ET [m²]                         | 234,40 | Q <sub>100</sub> [m3/hm²]          | 9              | ≤ 9          |                                      |                                                     |       | CUMPLE                                    |                |              |       |       |
|                                      |        | CUMPLE                             |                |              |                                      |                                                     |       | CUMPLE                                    |                |              |       |       |
| Sup. útil de cálculo [m²]            | 128,00 | n <sub>50</sub> [h <sup>-1</sup> ] | 6,4            | 6,00         |                                      |                                                     |       | Nº horas fuera de consigna (máx 4% anual) |                |              | 1     | 350   |
|                                      |        | NO CUMPLE                          |                |              |                                      |                                                     |       |                                           |                |              |       |       |
| Volúmen ET [m³]                      | 405,33 | U <sub>particiones</sub> [W/m²K]   |                |              | HE4                                  |                                                     |       | CUMPLE                                    |                |              |       |       |
|                                      |        | CUMPLEN TODOS                      |                |              | Fracción renovable consumoACS [%]    |                                                     |       | 92,25 60,00                               |                |              |       |       |
| Volumen de "aire interior" ε ET [m³] | 181,30 | Condensaciones                     |                |              | CUMPLE                               |                                                     |       | CUMPLE                                    |                |              |       |       |
|                                      |        | CUMPLEN TODOS                      |                |              | CUMPLE                               |                                                     |       | CUMPLE                                    |                |              |       |       |
|                                      |        |                                    |                |              |                                      |                                                     |       |                                           |                |              |       |       |
| Compacidad [m³/m²]                   | 1,73   | INCOMPLETO                         |                |              | COMPLETO                             |                                                     |       | COMPLETO                                  |                |              |       |       |

Como breve resumen general del estudio realizado de todas las configuraciones, se puede concluir lo siguiente:

- Las mayores dificultades de cumplimiento se encuentran en la opción 1 donde el volumen acondicionado se encuentra exclusivamente en la planta baja.

Pese a tener el mejor valor de compacidad de todos los modelos estudiados, la superficie de envolvente computable a efectos del cálculo del coeficiente K, se reduce a las fachadas de planta baja, por lo que se ve perjudicado por una mayor proporción de huecos que contribuyen con una transmitancia más desfavorable que la de la parte opaca. De las dos configuraciones estudiadas en esta opción 1, resuelve mejor el cumplimiento de HE 1 la segunda configuración, que incluye el bajocubierta, pues en esta solución la cubierta inclinada compensa la transmitancia más desfavorable de los huecos de planta baja.

- Algo parecido ocurre en la opción 2 respecto al control de la demanda. No se cumple el valor límite de K en la primera configuración debido a una peor relación huecos-opacos de la E.T. computable. En la segunda configuración en cambio, la continuidad por el exterior de la envolvente térmica compensa la transmitancia más desfavorable de los huecos.
- La mayor carga de calefacción y refrigeración se producen también en la planta baja, por ser donde se disponen el mayor número de huecos y de mayor superficie. En consecuencia, cuando consideramos como único espacio acondicionado el de la planta baja, el reparto de demanda y consumos asociados por unidad de superficie resulta más desfavorable. En las opciones 2 y 3 en las que tenemos más superficie acondicionada, la demanda y consumos en  $\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2\cdot\text{año}$ , resulta más equilibrada.
- Respecto a la relación del cambio de aire a 50 Pa,  $[n_{50}]$ , en general planteará problemas de cumplimiento en edificios pequeños, exentos, sin contactos en su perímetro, con un índice de forma (compacidad) desfavorable. No obstante, si el edificio aun siendo pequeño tiene una proporción de huecos importante y estos huecos son suficientemente estancos al paso del aire, puede favorecer la justificación del cumplimiento. Ese es nuestro caso, donde este requisito solamente se aplica en la opción 3 ( $> 120 \text{ m}^2$  útiles) y se consigue el cumplimiento mejorando la estanquidad de los huecos al incorporar carpinterías clase 4, que garantiza menos de  $3 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ .
- En consecuencia, aunque es posible conseguir el cumplimiento en todas las opciones estudiadas, tanto en la opción 2 segunda configuración como en la opción 3 configuración única, este cumplimiento es más sencillo y plantea menos modificaciones sobre las condiciones iniciales planteadas.

## AYUDA

## SECCIÓN 3. AYUDAS

- 1 Levantamiento del modelo en HULC
- 2 Cálculo de transmitancias
- 3 Cálculo y comprobación de las condensaciones intersticiales

## HULC

## 1. INDICACIONES PARA EL LEVANTAMIENTO EN HULC

1. Datos generales, administrativos y previos
2. Base de datos
3. Construcción del modelo
4. Incorporación de sistemas
5. Comentarios sobre la simulación

## DAT

## 1. Datos generales, administrativos y previos

En este apartado se utilizan los datos que figuran en el capítulo inicial de esta guía, donde se describe el edificio y la información de contexto general. Son datos comunes a las tres opciones salvo en lo que se refiere al caudal de ventilación que se ha de introducir en la ficha de datos generales de HULC. Dado que se varía la configuración de dormitorios los caudales serán diferentes según los casos. En el apartado de sistemas figuran los caudales de cálculo para cada configuración.

Imagen del levantamiento en HULC. Pantalla de datos generales.

## BDAT

## 2. Base de datos

Este apartado se refiere a la definición de todos los cerramientos que componen el modelo de estudio en cada caso. Como se ha indicado desde el principio la composición dichos cerramientos es idéntica en todos los casos. Se deben introducir todos los componentes de los cerramientos tal y como aparecen descritos en el apartado de definición constructiva. Todos los elementos empleados figuran disponibles en la base de datos del programa a excepción de los vidrios y marcos necesarios para componer la solución de los huecos y que, en este caso, se recomienda que se creen manualmente con las especificaciones que figuran en su ficha.

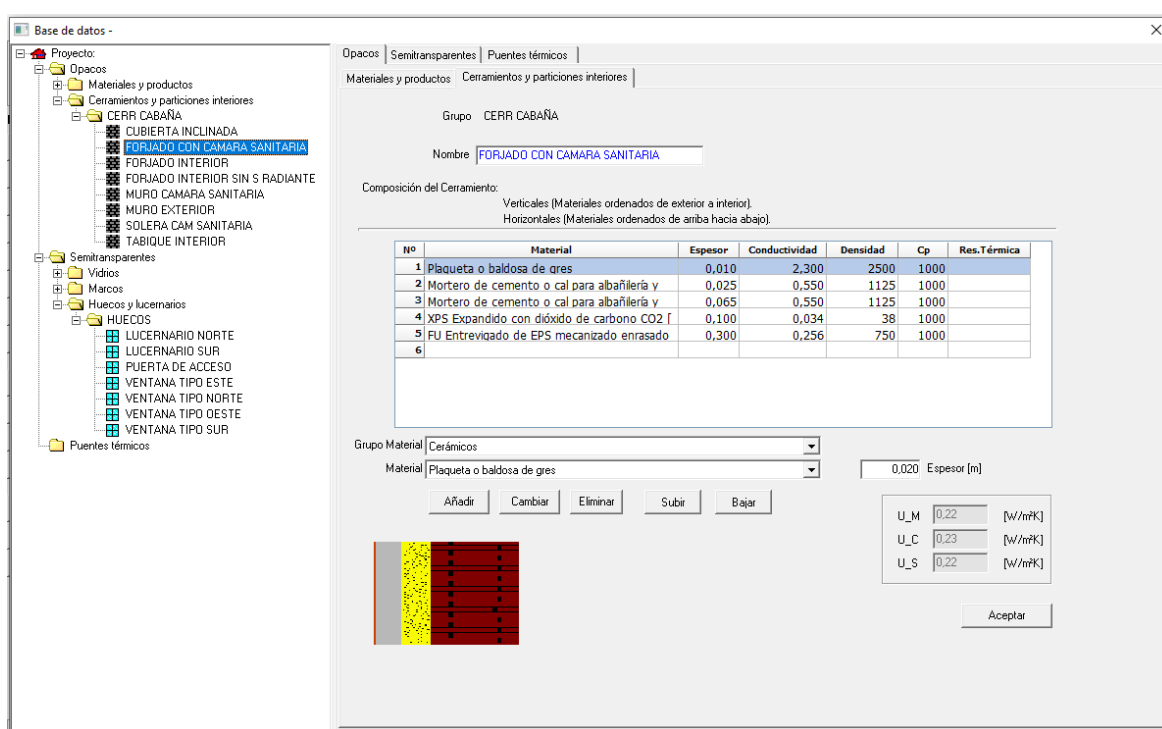


Imagen del levantamiento en HULC. Pantalla de base de datos constructiva.

**MODL**

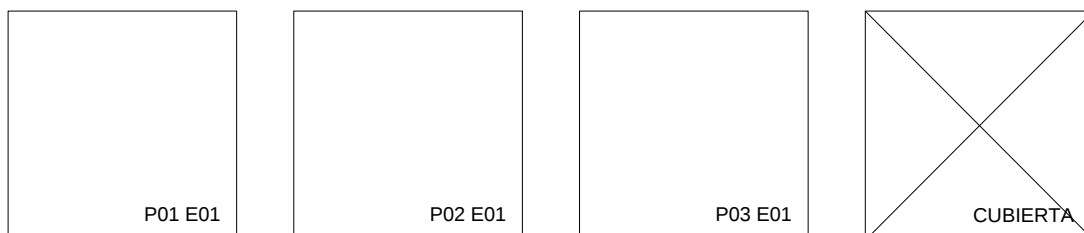
## 3. Construcción del modelo

## Consideraciones previas

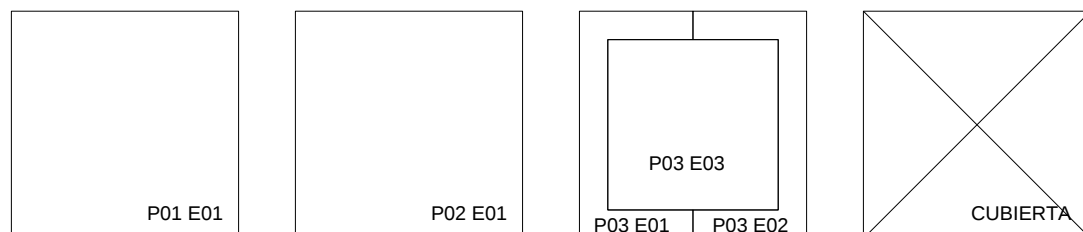
Es necesario explicar aquí algunas de las recomendaciones a tener en cuenta a la hora de levantar el modelo en HULC:

- Las plantas son muy sencillas y salvo la planta bajocubierta de la opción dos, se pueden modelar como espacio único (igual a planta) en cada una de ellas. Se recomienda utilizar la definición de polilíneas en un programa CAD e importarlas desde HULC generando espacios. Los esquemas de división de espacios que se han empleado son los siguientes:

## OPCIONES 1 y 3

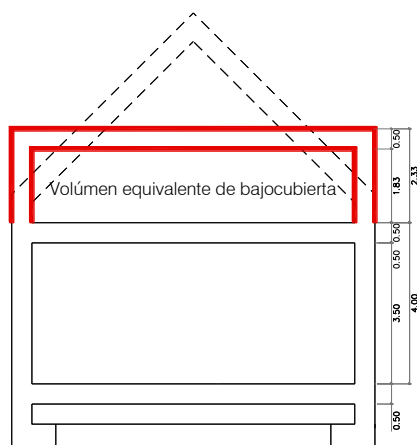


## OPCIÓN 2



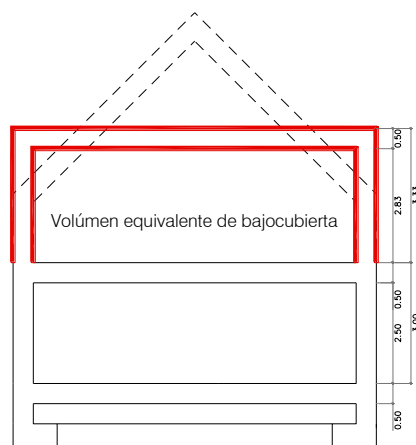
- La altura de planta de la cámara sanitaria es en todos los casos de 1 m. Como el espesor del forjado de planta baja es de 0,5 m la altura libre de esa cámara sanitaria será de 0,5 m.
- La altura de planta baja en las opciones 1 y 2 (en todas sus configuraciones) es de 4 metros por lo que descontando el espesor de forjado de la planta bajocubierta (0,5 m) resulta una altura libre de planta de 3,5 metros. Para la opción 3 la altura de planta baja es de 3 metros y en consecuencia su altura libre es de 2,5 metros.
- Para los espacios bajocubierta inclinada como es nuestro caso, debemos indicar al programa una altura equivalente de un prisma recto de la misma base que nuestra planta y cuyo volumen sea el mismo que el que encierra el bajocubierta (incluidos los espesores de la cubierta). El esquema sería el siguiente:

OPCIONES 1 y 2



Simulación en HULC

OPCIÓN 3



En lo que se refiere al levantamiento propiamente dicho no entraña ninguna dificultad especial y se va levantando planta por planta recogiendo las condiciones geométricas descritas en el apartado de planos.

Cámara sanitaria.

- P01 E01.

Es idéntica en todas las opciones y configuraciones. Se posiciona en la cota -1, sus cerramientos aparecerán representados en contacto con el terreno. Hay que tener la precaución de definirla inmediatamente como espacio no habitable y fuera de la envolvente. La altura de planta es de 1 metro. El nivel de estanqueidad con el que se ha definido este espacio es 3 según valores de la tabla 8 del DA DB-HE / 1. *Cálculo de parámetros característicos de la envolvente.*

**Tabla 8 Tasa de renovación de aire entre espacios no habitables y el exterior ( $h^{-1}$ )**

| Nivel de estanqueidad                                                                                    | $h^{-1}$ |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| 1.Ni puertas, ni ventanas, ni aberturas de ventilación                                                   | 0        |
| 2.Todos los componentes sellados, sin aberturas de ventilación                                           | 0,5      |
| 3.Todos los componentes bien sellados, pequeñas aberturas de ventilación                                 | 1        |
| 4.Poco estanco, a causa de juntas abiertas o presencia de aberturas de ventilación permanentes           | 5        |
| 5.Poco estanco, con numerosas juntas abiertas o aberturas de ventilación permanentes grandes o numerosas | 10       |

Tabla extraída del DA DB-HE / 1. *Cálculo de parámetros característicos de la envolvente.*

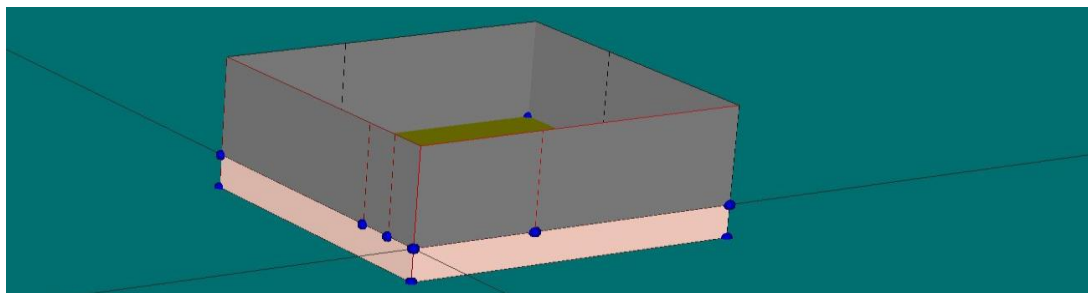
Planta baja.

- P02 E01.

Esta planta en cuanto a su configuración de espacio único es igual en las 3 opciones. En su levantamiento sólo varía la altura de planta que para las opciones 1 y 2 es de 4 metros y para la opción 3 es de 3 metros.

A la hora de crear los huecos hay que recordar y asignar correctamente por orientaciones tal y como se indica en las fichas correspondientes del apartado definición constructiva. Tendremos una configuración de huecos para las orientaciones norte y este y otra configuración diferente para las orientaciones sur y oeste.

Conforme vayamos creando los cerramientos de fachada debemos definir el color de acabado que en este caso se trata de un rojo claro y absortividad de 0,65.



*Imagen del proceso de levantamiento en HULC de planta baja*

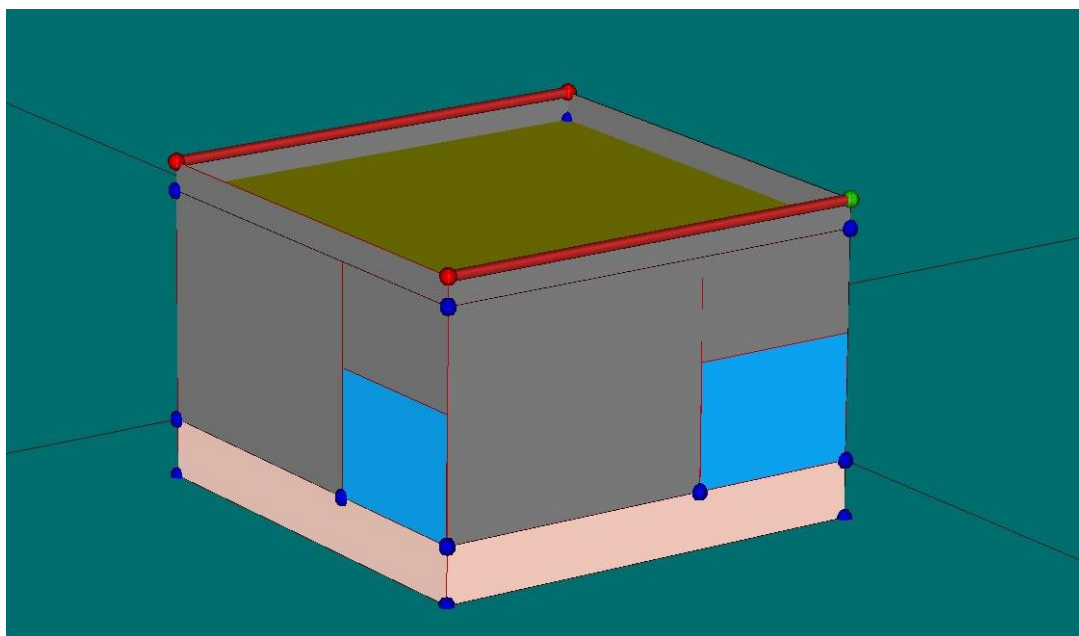
#### Planta bajocubierta. OPCIONES 1 Y 3

En las opciones 1 y 3, se compone de un único espacio igual a la planta. En la opción 1 se trata de un espacio habitable y en la opción 3 de un espacio acondicionado en su totalidad

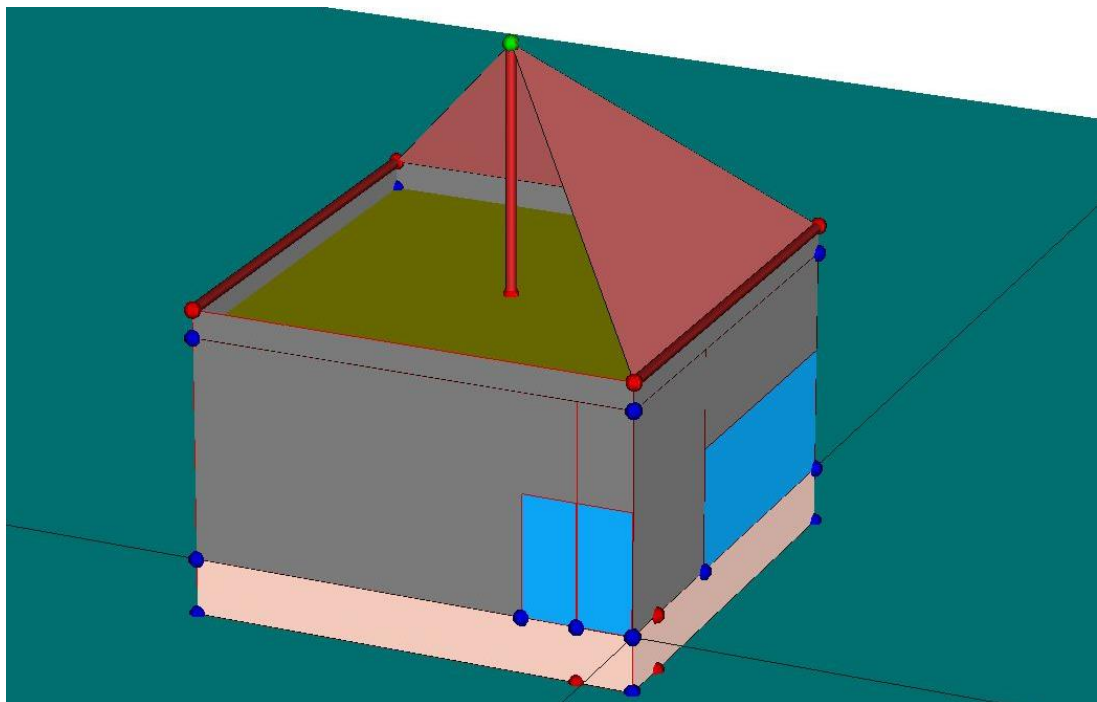
#### - P03 E01.

En el caso de la opción 1 y 3 levantaremos todos los cerramientos de la planta a mano con la opción “crear cerramientos singulares”. Tendremos una parte de cerramientos verticales exteriores de 0,5 metros de altura en la opción 1 y de 1,5 metros en la opción 3. A partir de ese peralte, se levantan los 4 faldones de cubierta que cubren el espacio. Para ese último paso es necesario crear una línea 3 D de punta con la altura de la cumbrera.

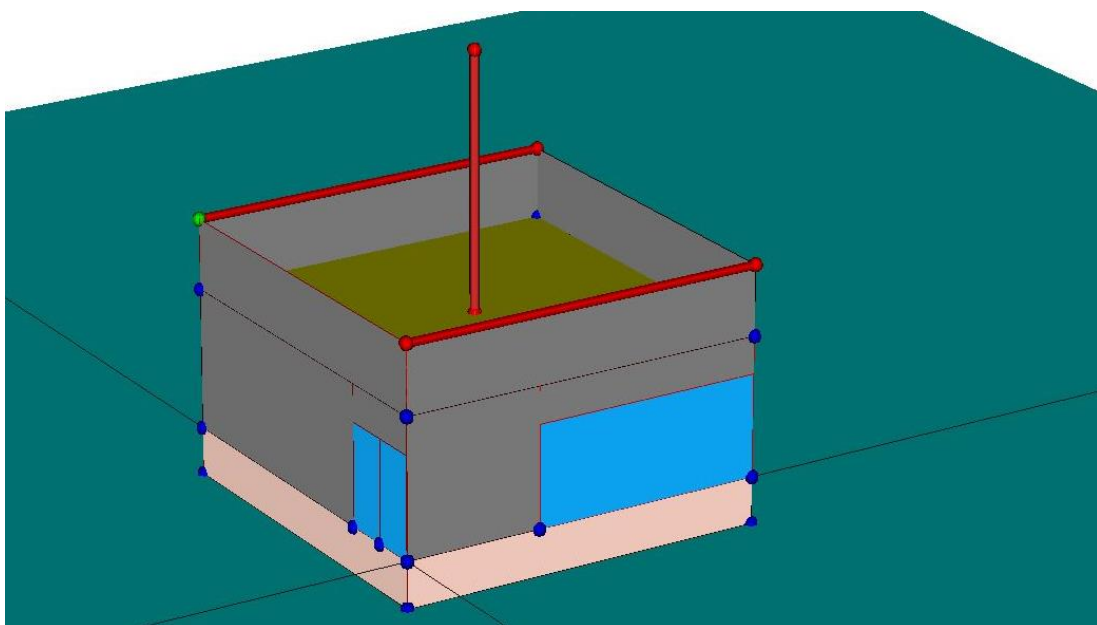
La opción 3 tiene una singularidad y es que incorpora lucernarios en los planos de cubierta y además estos lucernarios tienen continuidad en huecos en el tramo de cerramiento vertical. Ambos huecos habrá que introducirlos por coordenadas de manera manual editando tanto los faldones de cubierta implicados como de cerramiento vertical de fachada.



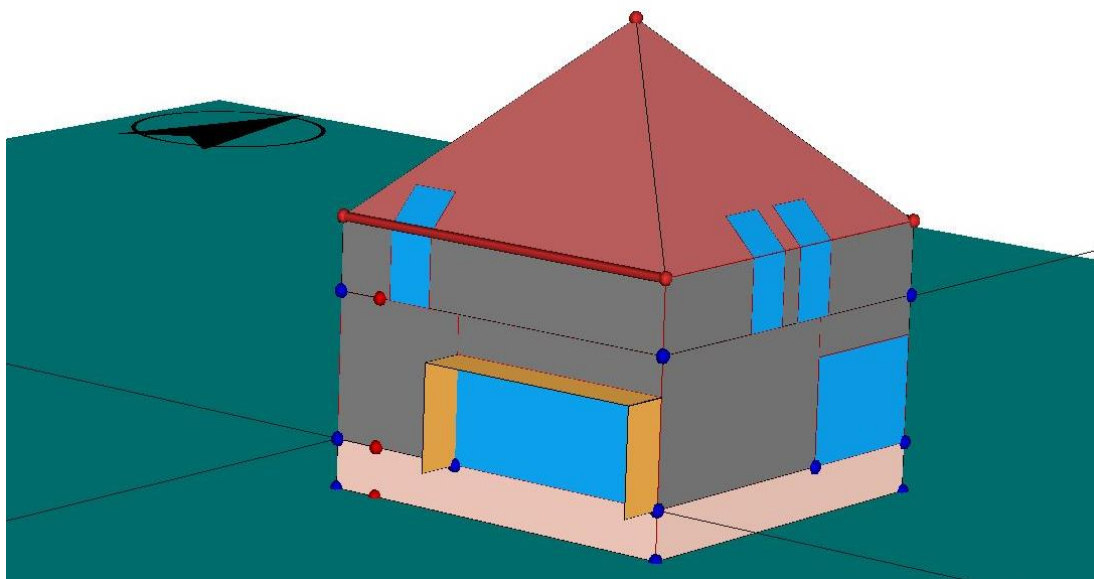
*Imagen del levantamiento en HULC de planta bajocubierta opción 1. Muro de fachada en esa planta de 0,5 m.*



*Imagen del levantamiento en HULC de planta bajocubierta opción 1. Muro de fachada en esa planta de 0,5 m.*



*Imagen del levantamiento en HULC de planta bajocubierta opción 3. Muro de fachada en esa planta de 1,5 m.*



*Imagen del edificio terminado opción 3*

#### Planta bajocubierta. OPCIÓN2

En la opción 2 la planta se ocupa de manera parcial, disponiéndose un espacio central acondicionado de dimensiones 6mx 6m y altura mínima de 1,5 metros., dejando el perímetro con altura inferior a 1,5 metros, como espacio no habitable. Por razones de configuración del espacio central se ha optado por dividir el espacio perimetral no habitable en dos: P03 E01y P03 E02.

- P03 E01, P03 E02 y P03 E03.

El proceso de construir estos espacios es la parte más delicada de todo el levantamiento. Toda la tabiquería interior y cerramientos exteriores han de realizarse de manera manual con la opción ya citada anteriormente de “crear cerramientos singulares”. Una parte importante es la definición de los paños de cubierta inclinada, que en este caso ha de hacerse por tramos cubriendo uno a uno cada espacio de los que componen la planta (3). Hay que asegurarse de que cada uno de esos tramos se asigna correctamente a su espacio.

Los espacios no habitables P03 E01y P03 E02 se definen en la simulación con un nivel de estanqueidad 1.

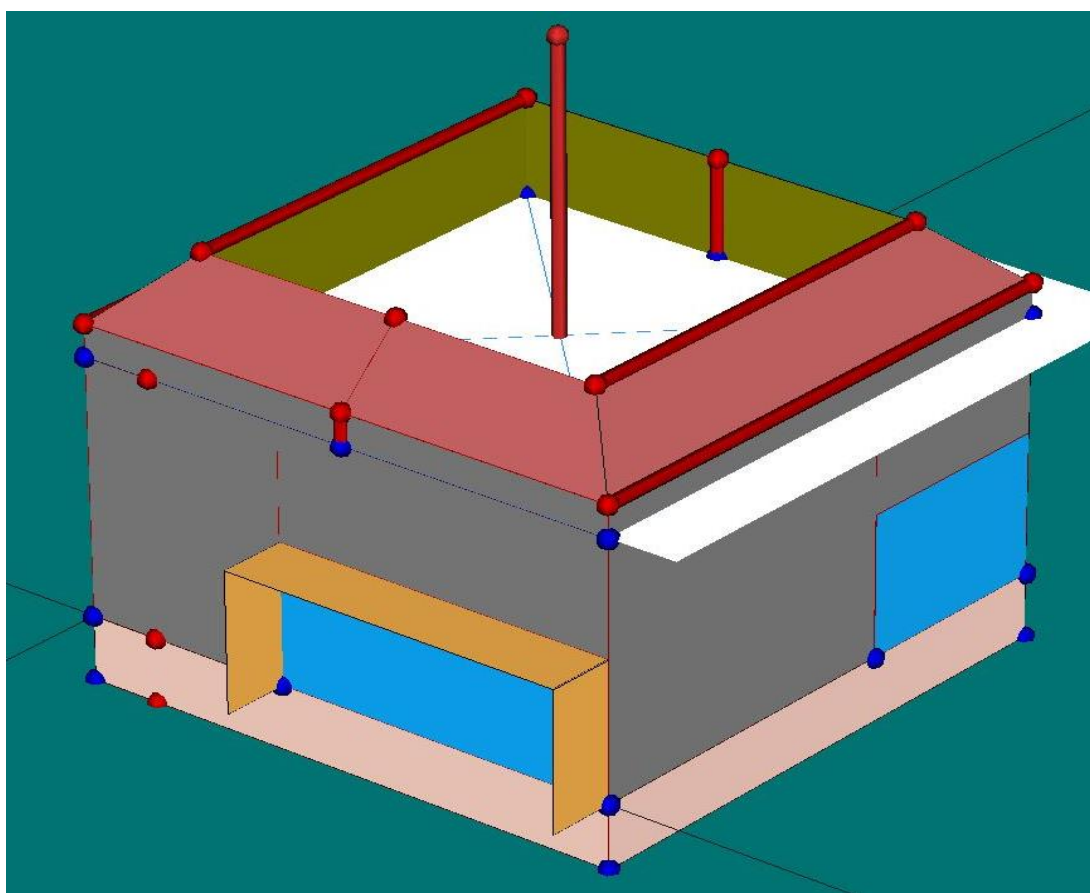
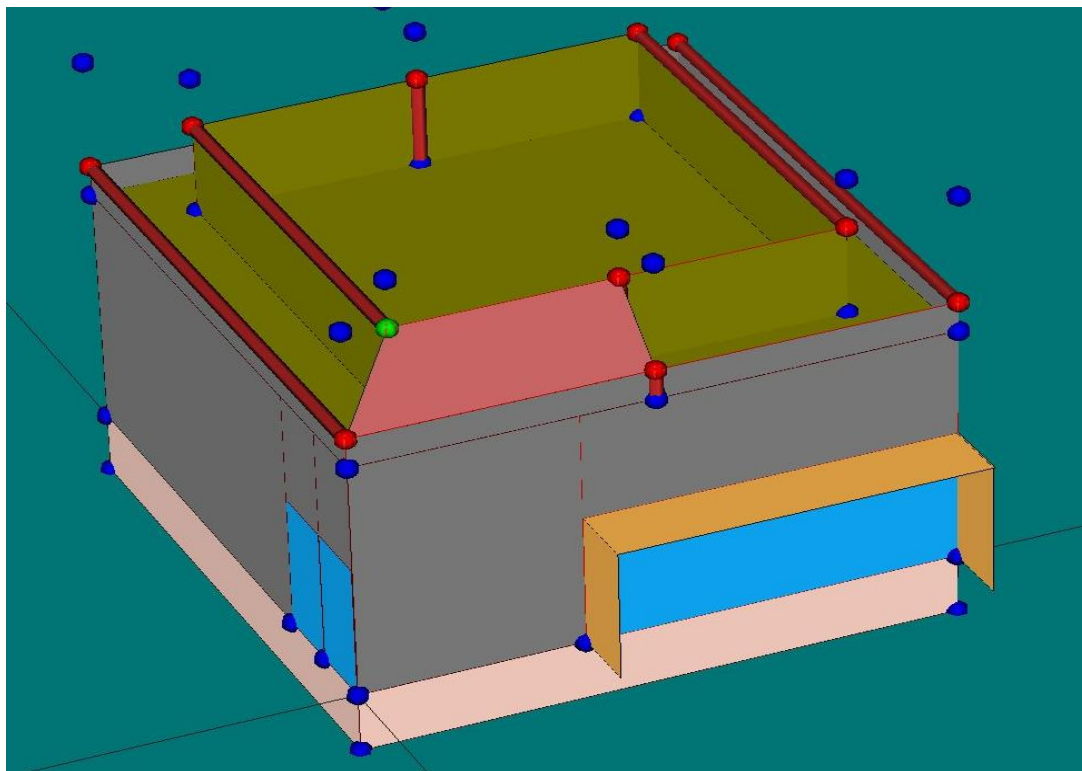


Imagen del levantamiento en HULC de planta bajocubierta opción 2

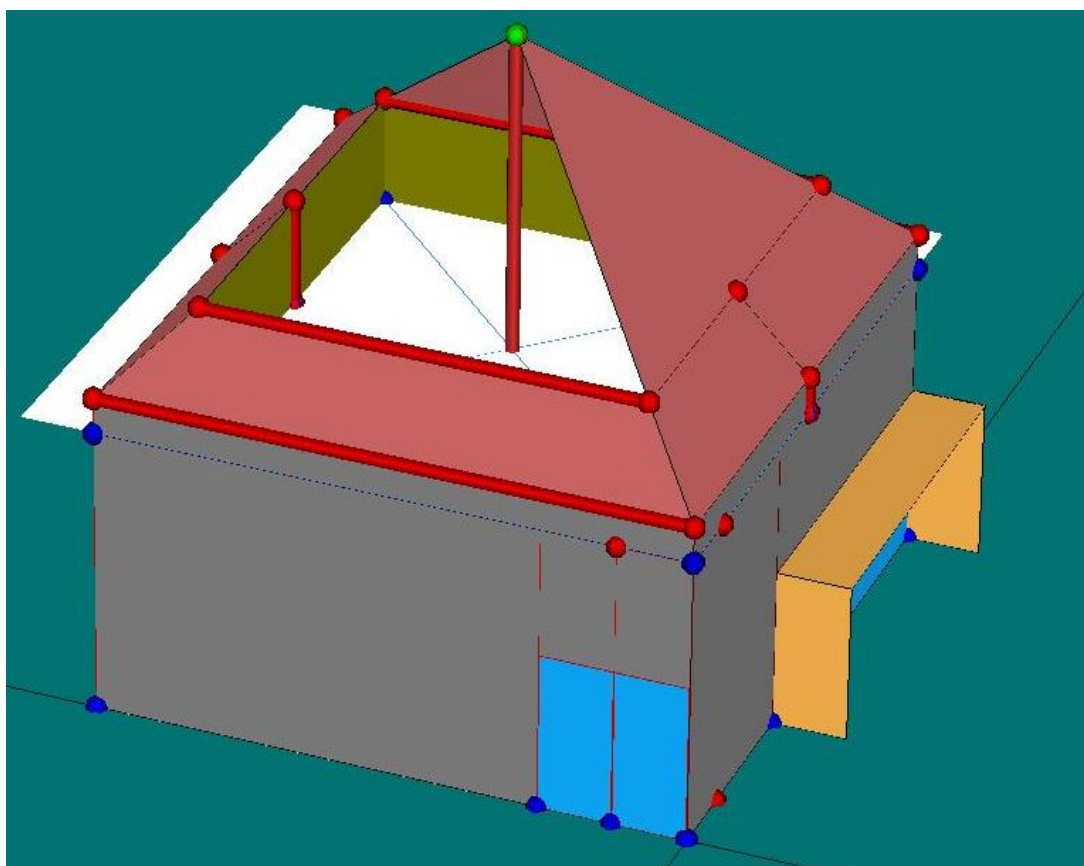


Imagen del levantamiento en HULC de planta bajocubierta opción 2

El último paso consistiría en la creación de los lucernarios de cubierta que de manera obligatoria ha de hacerse de manera manual editando el plano de cubierta en el que queremos introducirlo.

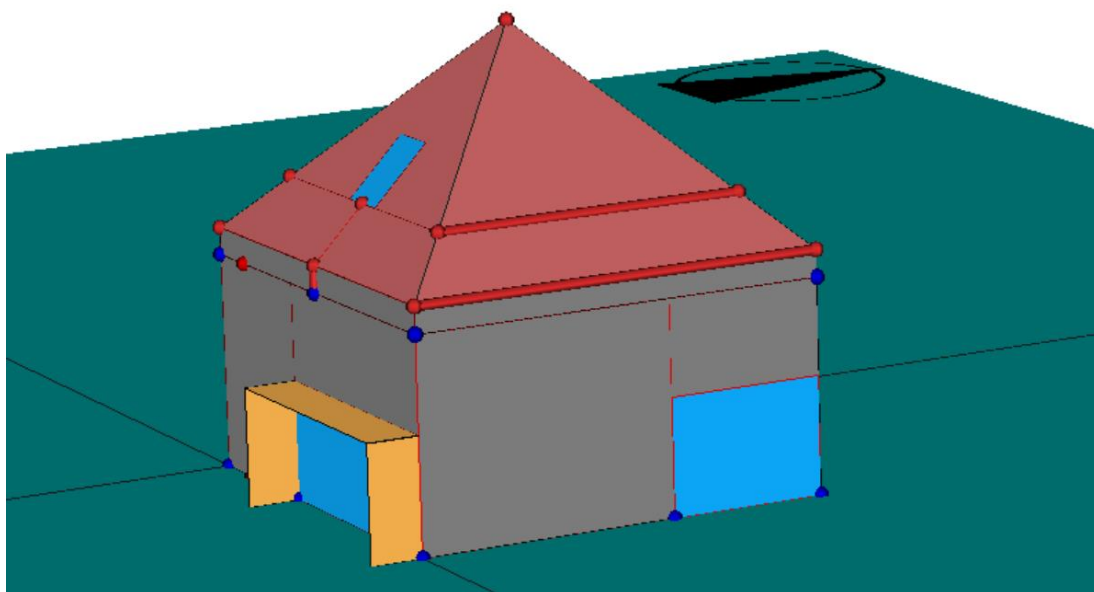


Imagen del levantamiento en HULC de planta bajocubierta opción 2. Edificio terminado

## SIST

## 4. Incorporación de sistemas

A la hora de introducir los sistemas se recomienda proceder de la siguiente forma:

- Crear el sistema de ventilación

Utilizar los datos que figura en la ficha de descripción del sistema para cada una de las opciones. Hay que recordar que no se ha considerado la inclusión de recuperadores de calor por lo que esta parte de la ficha no es necesario cumplimentarla.

Definición Sistema

Imagen de la introducción de sistemas en el módulo de CALENER VYP de HULC para opción 2

- A continuación, creamos el sistema mixto de calefacción y ACS

Para ello reproducimos todas las características del sistema que figuran en la ficha del apartado correspondiente de esta guía. Creamos un equipo de producción (Caldera de baja temperatura por defecto), la demanda y un acumulador de ACS. Por último, introducimos las unidades terminales de cada espacio acondicionado con las potencias que se asignan en la ficha.

## SIMUL

## 5. Comentarios sobre la simulación

Respecto a los datos que se obtienen mediante HULC respecto a los que se han calculado mediante hoja de cálculo, decir que son idénticos en la mayoría de los casos. Se presentan pequeñas diferencias en aquellos que implican superficies y volúmenes debidos principalmente a pequeñas imprecisiones derivadas del reparto de superficies de opacos y huecos en cerramientos o en el cálculo de volúmenes por redondeos en decimales.

## TRSMT

## 2. CÁLCULO DE TRANSMITANCIAS

1. Transmitancias de cerramientos en contacto con el exterior
2. Transmitancias de particiones interiores

Se va a realizar a continuación a modo de ejemplo el cálculo<sup>8</sup> de varios cerramientos, un caso general de contacto con el exterior y varios cerramientos singulares de contacto con espacios no habitables que aparecen en las diferentes opciones de estudio.

## U

1. Transmitancias de cerramientos en contacto con el exterior

Se tratará normalmente de cerramientos compuesto de varias “hojas” y diferentes materiales. De manera general mediante el inverso de la suma de las resistencias térmicas de cada capa más las resistencias térmicas superficiales en ambas caras del cerramiento, obtenemos el valor de la transmitancia para el conjunto (U):

Su cálculo, se describe detalladamente en el documento de ayuda *DA DB-HE / 1. Cálculo de parámetros característicos de la envolvente*. De manera resumida, exponemos a continuación los pasos básicos para dos ejemplos concretos de nuestro modelo.

Para los cerramientos opacos en contacto con el aire exterior, su transmitancia se obtiene directamente mediante la expresión:

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (1)$$

siendo,

$R_T$  la resistencia térmica total del componente constructivo [ $m^2 \cdot K / W$ ].

Por otra parte:

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se} \quad (2)$$

siendo,

$R_1, R_2, \dots, R_n$  las resistencias térmicas de cada capa definidas según la expresión (3) [ $m^2 \cdot K / W$ ];

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

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

$$R = \frac{e}{\lambda} \quad (3)$$

siendo,

$e$  el espesor de la capa [m]. En caso de una capa de espesor variable se considera el espesor medio;

<sup>8</sup>Para un desarrollo más detallado, consultar *DA DB-HE / 1. Cálculo de parámetros característicos de la envolvente*.

$\lambda$  la conductividad térmica de diseño del material que compone la capa, que se puede calcular a partir de los valores térmicos declarados según la norma UNE-EN 10456:2012.

En el caso de materiales heterogéneos, como las fábricas, se puede considerar la conductividad equivalente del conjunto.

Para los cerramientos en contacto con el terreno, la transmitancia intrínseca del cerramiento ha de ser corregida por el efecto del terreno. Para ello:

- **Suelos:** se puede aplicar la *Tabla 3 Transmitancia térmica  $U_s$  [ $W/m^2 \cdot K$ ]* para soleras o losas apoyadas sobre el nivel del terreno o como máximo 0,50 m por debajo de éste, o la *Tabla 4 Transmitancia térmica  $U_s$  [ $W/m^2 \cdot K$ ]* para soleras o losas a una profundidad superior a 0,5 m respecto al nivel del terreno
- **Muros o pantallas:** se obtiene de la *Tabla 5 Transmitancia térmica de muros enterrados  $U_T$  [ $W/m^2 \cdot K$ ]* en función de su profundidad  $z$ , y de la resistencia térmica del muro.
- **Cubiertas:** La transmitancia térmica  $U_T$  [ $W/m^2 \cdot K$ ] de las cubiertas enterradas se obtiene mediante el procedimiento general descrito anteriormente para cerramientos en contacto con el aire exterior, considerando el terreno como otra capa térmicamente homogénea de conductividad  $\lambda=2$  W/m·K.

En primer lugar, nos ocupamos del cálculo del muro exterior cuya composición se emplea en todas las configuraciones de estudio.

### Ejemplo 1. MURO EXTERIOR

La composición del muro exterior es la siguiente:

| MURO EXTERIOR                          |                   |                         | M EXT                |
|----------------------------------------|-------------------|-------------------------|----------------------|
| COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO            |                   |                         | SECCIÓN CONSTRUCTIVA |
| capas                                  | espesor (m)       | Cond. $\lambda$ (W/m·K) |                      |
| 1 Mortero de cemento                   | 0,03              | 0,550                   |                      |
| 2 EPS Poliestireno                     | 0,14              | 0,038                   |                      |
| 3 1 pie LP métrico o catalán           | 0,24              | 0,667                   |                      |
| 4 Mortero de cemento                   | 0,01              | 0,550                   |                      |
| 5 Cámara de aire sin ventilar vertical | 0,05              | 0,18                    |                      |
| 6 Placa de yeso laminado               | 0,015             | 0,250                   |                      |
| 7 Placa de yeso laminado               | 0,015             | 0,250                   |                      |
| <b>Total</b>                           | <b>0,500</b>      |                         |                      |
| <b>TRANSMITANCIA</b>                   | <b>0,22 W/m²K</b> |                         |                      |

Aplicando la expresión (1):

$$U_m = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0,04 + \frac{0,03}{0,55} + \frac{0,14}{0,038} + \frac{0,24}{0,667} + \frac{0,01}{0,55} + 0,18 + \frac{0,015}{0,25} + \frac{0,015}{0,25} + 0,13} = \frac{1}{4,59} = 0,217 \approx 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Las resistencias térmicas superficiales de la cara exterior y de la cara interior del cerramiento, se obtienen de la Tabla 1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior [ $m^2 \cdot K/W$ ] del DA DB-HE / 1.

Tabla 1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior [ $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ ]

| Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor                                                    |  | $R_{se}$ | $R_{si}$ |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|----------|----------|
| 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 (techo) |  | 0,04     | 0,10     |
| Cerramientos horizontales y flujo descendente (suelo)                                                    |  | 0,04     | 0,17     |

Tabla extraída del DA DB-HE / 1. Cálculo de parámetros característicos de la envolvente.

La capa correspondiente a la cámara de aire sin ventilar se introduce por su resistencia térmica [ $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ ] obtenida de la tabla 2 del DA DB-HE / 1

Tabla 2 Resistencias térmicas de cámaras de aire [ $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ ]

| e (cm) | Sin ventilar |          |
|--------|--------------|----------|
|        | horizontal   | vertical |
| 1      | 0,15         | 0,15     |
| 2      | 0,16         | 0,17     |
| 5      | 0,16         | 0,18     |

Tabla extraída del DA DB-HE / 1. Cálculo de parámetros característicos de la envolvente.

U

## 1. Transmitancias de particiones interiores

## Ejemplo 2

El siguiente ejemplo que vamos a desarrollar, se refiere al cálculo de la transmitancia del tabique interior que separa en la planta bajocubierta de la OPCIÓN 2, el espacio acondicionado (dormitorio y aseo) de los espacios no habitables de su perímetro. Su composición es la siguiente:

| TABIQUE INTERIOR                                                           |              |                                                      | TAB INT              |
|----------------------------------------------------------------------------|--------------|------------------------------------------------------|----------------------|
| COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO                                                |              |                                                      | SECCIÓN CONSTRUCTIVA |
| capas                                                                      | espesor (m)  | Cond. $\lambda$ ( $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ ) |                      |
| 1 Placa de yeso laminado                                                   | 0,013        | 0,250                                                |                      |
| 2 Placa de yeso laminado                                                   | 0,013        | 0,250                                                |                      |
| 3 MW Lana mineral ( $\lambda: 0,041$ ( $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ )) | 0,04         | 0,041                                                |                      |
| 4 Placa de yeso laminado                                                   | 0,013        | 0,250                                                |                      |
| 5 Placa de yeso laminado                                                   | 0,013        | 0,250                                                |                      |
| <b>Total</b>                                                               | <b>0,092</b> |                                                      |                      |

Para el cálculo de la transmitancia U [W/m<sup>2</sup>K] se considera el caso de cualquier partición interior en contacto con un espacio no habitable que a su vez esté en contacto con el exterior. El caso general, excluido el de contactos con cámaras sanitarias se resuelve de la siguiente forma:

La transmitancia térmica U [W/m<sup>2</sup>K] viene dada por la siguiente expresión:

$$U_{\text{Tabique}} = U_P \cdot b$$

siendo,

**U<sub>P</sub>**: la transmitancia térmica de la partición interior en contacto con el espacio no habitable, calculada como en el ejemplo anterior según la expresión (1), tomando como resistencias superficiales los valores de la tabla 6. [m<sup>2</sup> K/ W] del DA DB-HE / 1. *Cálculo de parámetros característicos de la envolvente.*

**B**: el coeficiente de reducción de temperatura (relacionado al espacio no habitable) obtenido por la tabla 7 del DA DB-HE / 1. *Cálculo de parámetros característicos de la envolvente*, para los casos concretos que se citan o mediante el procedimiento descrito.

Aplicando nuevamente la expresión (1):

$$U_P = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0,13 + \frac{0,013}{0,25} + \frac{0,013}{0,25} + \frac{0,04}{0,041} + \frac{0,013}{0,25} + \frac{0,013}{0,25} + 0,13} = 0,692707979 \approx \mathbf{0,69 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

Las resistencias térmicas superficiales de la cara exterior y de la cara interior del cerramiento, se obtienen en este caso de la Tabla 6. Resistencias térmicas superficiales de particiones interiores [m<sup>2</sup>·K/ W] del DA DB-HE / 1

| Tabla 6 Resistencias térmicas superficiales de particiones interiores [m <sup>2</sup> K/W]              |                 |                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|
| Posición de la partición interior y sentido del flujo de calor                                          |                 |                 |
|                                                                                                         | R <sub>se</sub> | R <sub>si</sub> |
| Particiones interiores verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal           | 0,13            | 0,13            |
| Particiones interiores horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente (Techo) | 0,10            | 0,10            |
| Particiones interiores horizontales y flujo descendente (Suelo)                                         | 0,17            | 0,17            |

Tabla extraída del DA DB-HE / 1. *Cálculo de parámetros característicos de la envolvente.*

El coeficiente de reducción de temperatura b para espacios adyacentes no habitables (trasteros, despensas, garajes adyacentes...) y espacios no acondicionados bajocubierta inclinada (como es nuestro caso) se puede obtener de la tabla 7 del DA DB-HE / 1 en función de la situación del aislamiento térmico (véase figura 6 del DA DB-HE / 1), del grado de ventilación del espacio y de la relación de áreas entre la partición interior y el cerramiento ( $A_{h-nh} / A_{nh-e}$ ), donde el subíndice nh-e se refiere al cerramiento entre el espacio no habitable y el exterior, y el subíndice h-nh se refiere a la partición interior entre el espacio habitable y el espacio no habitable (véase figura 6 del DA DB-HE / 1). Los valores intermedios se pueden obtener por interpolación lineal.

Se distinguen dos grados de ventilación en función del nivel de estanqueidad del espacio definido en la tabla 8:

**CASO 1** espacio ligeramente ventilado, que comprende aquellos espacios con un nivel de estanqueidad 1, 2 o 3;

**CASO 2** espacio muy ventilado, que comprende aquellos espacios con un nivel de estanqueidad 4 o 5.

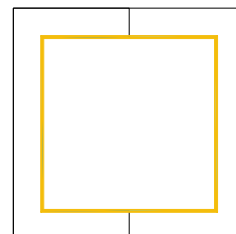
Dado que los espacios no habitables P03 E01y P03 E02 se definen en la simulación con un nivel de estanqueidad 1 (ver ayuda al levantamiento en HULC), nos encontramos en el caso 1, espacio ligeramente ventilado.

En cuanto a las superficies de los cerramientos la relación es la siguiente:

$A_{h-nh}$ :

Este cerramiento tiene un perímetro de 6 m (de lado) x 4 lados = 24 m y una altura de 1,5 m. Esto hace una superficie total de  $24 \times 1,5 = 36 \text{ m}^2$  (ver tablas de definición de la envolvente)

$$A_{h-nh} = 36,00 \text{ m}^2$$



$A_{h-e}$ :

Este cerramiento de contacto entre el no habitable y el exterior tiene dos partes:

- Una primera de fachada vertical con un perímetro de 32 m (8x4) y una altura de 0,5 m. En total,  $16 \text{ m}^2$ .
- La segunda parte se corresponde con la parte de los faldones de cubierta que cierran este espacio no habitable. Cada uno de estos faldones tiene una superficie de  $9,87 \text{ m}^2$ . En total una superficie de  $39,48 \text{ m}^2$ . (ver tablas de definición de la envolvente)

Es decir,

$$A_{h-e} = 55,48 \text{ m}^2$$

Por tanto:

$$A_{h-nh} / A_{h-e} = 36 / 55,48 = 0,648$$

Llevando estos datos a la tabla y considerando que ambos cerramientos están aislados obtenemos el coeficiente de reducción de temperatura,  $b = 0,67$  (interpolando un valor más exacto obtendríamos 0,662)

Tabla 7 Coeficiente de reducción de temperatura b

|                      | No aislado <sub>h-e</sub> -Aislado <sub>h-nh</sub> |        | No aislado <sub>h-nh</sub> -No aislado <sub>h-nh</sub> |        | Aislado <sub>h-nh</sub> -No aislado <sub>h-nh</sub> |        |
|----------------------|----------------------------------------------------|--------|--------------------------------------------------------|--------|-----------------------------------------------------|--------|
| $A_{h-nh} / A_{h-e}$ | CASO 1                                             | CASO 2 | CASO 1                                                 | CASO 2 | CASO 1                                              | CASO 2 |
| <0,25                | 0,99                                               | 1,00   | 0,94                                                   | 0,97   | 0,91                                                | 0,96   |
| 0,25 ≤ 0,50          | 0,97                                               | 0,99   | 0,85                                                   | 0,92   | 0,77                                                | 0,90   |
| 0,50 ≤ 0,75          | 0,96                                               | 0,98   | 0,77                                                   | 0,87   | 0,67                                                | 0,84   |
| 0,75 ≤ 1,00          | 0,94                                               | 0,97   | 0,70                                                   | 0,83   | 0,59                                                | 0,79   |
| 1,00 ≤ 1,25          | 0,92                                               | 0,96   | 0,65                                                   | 0,79   | 0,53                                                | 0,74   |
| 1,25 ≤ 2,00          | 0,89                                               | 0,95   | 0,56                                                   | 0,73   | 0,44                                                | 0,67   |
| 2,00 ≤ 2,50          | 0,86                                               | 0,93   | 0,48                                                   | 0,66   | 0,36                                                | 0,59   |
| 2,50 ≤ 3,00          | 0,83                                               | 0,91   | 0,43                                                   | 0,61   | 0,32                                                | 0,54   |
| >3,00                | 0,81                                               | 0,90   | 0,39                                                   | 0,57   | 0,28                                                | 0,50   |

Tabla extraída del DA DB-HE / 1. Cálculo de parámetros característicos de la envolvente.

Por tanto, el valor de transmitancia para este cerramiento es de:

$$U_{\text{forjado}} = U_p \cdot b$$

$$U_p = 0,69 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$U_{\text{forjado}} = 0,69 \cdot 0,662 = 0,456 \approx 0,46 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

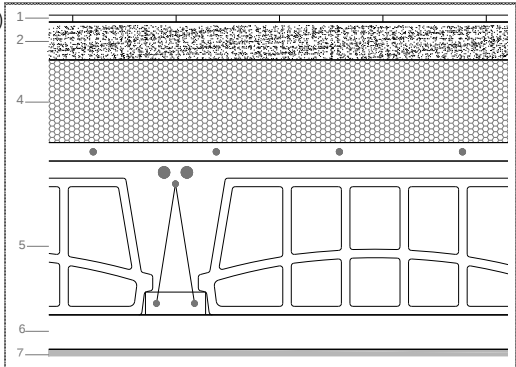
Ejemplo 3

El siguiente ejemplo se refiere a la partición horizontal (forjado) que separa en distintas condiciones el espacio acondicionado de la planta baja del no habitable en el bajocubierta. Como decimos esta separación se produce en diferentes situaciones. En la opción 1, el forjado en toda su superficie separa la planta baja acondicionada del bajocubierta no habitable. En la opción 2, esta situación se limita al perímetro que ocupan los espacios no habitables del bajocubierta. En la opción 3 el forjado divide dos espacios acondicionados (Planta baja- planta bajocubierta).

Debemos por tanto calcular la transmitancia [U] del forjado en dos situaciones diferentes:

- **FORJADO COMPLETO.** En la opción 1 la separación entre acondicionado y no habitable se producen toda la superficie del forjado.
- **FORJADO PERIMETRO.** En la opción 2 la separación entre acondicionado de planta baja y no habitable del bajocubierta afecta exclusivamente a la franja perimetral de los espacios no habitables del bajocubierta.

La composición del forjado que se utiliza en ambos casos es la siguiente:

| FORJADO INTERIOR ENTRE PLANTAS (ACOND-NO HAB) *                                       |              |                         | FOR INT AC-NH                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Forjado entre espacio acondicionado y no habitable (opción 1 y parcialmente opción 2) |              |                         |                                                                                     |
| COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO                                                           |              |                         |                                                                                     |
| capas                                                                                 | espesor (m)  | Cond. $\lambda$ (W/m·K) |  |
| 1 Plaqueta de gres                                                                    | 0,01         | 2,300                   |                                                                                     |
| 2 Mortero de cemento                                                                  | 0,055        | 0,550                   |                                                                                     |
| 3 XPS Expandido ( $\lambda: 0,034$ (W/m·K))                                           | 0,12         | 0,034                   |                                                                                     |
| 4 FU entrevigado cerámico                                                             | 0,25         | 0,908                   |                                                                                     |
| 5 Cámara de aire sin ventilar horizontal                                              | 0,05         | R.T.=0,160              |                                                                                     |
| 6 Placa de yeso laminado                                                              | 0,015        | 0,250                   |                                                                                     |
| <b>Total</b>                                                                          | <b>0,500</b> |                         |                                                                                     |

Cómo se trata nuevamente de una partición interior que separa un espacio acondicionado de otro no habitable que, a su vez, se encuentra en contacto con el aire exterior, el procedimiento a emplear es el mismo del ejemplo anterior.

**FORJADO COMPLETO.** Caso de la OPCIÓN 1

La transmitancia térmica U [W/m²K] se calcula aplicando la siguiente expresión:

$$U_{\text{forjado}} = U_p \cdot b$$

Aplicando nuevamente la expresión (1):

$$U_p = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0,10 + \frac{0,01}{2,30} + \frac{0,055}{0,55} + \frac{0,12}{0,034} + \frac{0,25}{0,908} + 0,16 + \frac{0,015}{0,25} + 0,10} = 0,230995429 \approx \mathbf{0,23 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

Tabla 6 Resistencias térmicas superficiales de particiones interiores [ $\text{m}^2\text{K/W}$ ]

| Posición de la partición interior y sentido del flujo de calor                                                     |  | $R_{se}$ | $R_{si}$ |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|----------|----------|
| Particiones interiores verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo horizontal               |  | 0,13     | 0,13     |
| Particiones interiores horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente (Techo) |  | 0,10     | 0,10     |
| Particiones interiores horizontales y flujo descendente (Suelo)                                                    |  | 0,17     | 0,17     |

Tabla extraída del DA DB-HE / 1. Cálculo de parámetros característicos de la envolvente.

La capa correspondiente a la cámara de aire sin ventilar se introduce por su resistencia térmica [ $\text{m}^2\text{K/W}$ ] obtenida de la tabla 2 del DA DB-HE / 1

Tabla 2 Resistencias térmicas de cámaras de aire [ $\text{m}^2\text{K/W}$ ]

| e (cm) | Sin ventilar |          |
|--------|--------------|----------|
|        | horizontal   | vertical |
| 1      | 0,15         | 0,15     |
| 2      | 0,16         | 0,17     |
| 5      | 0,16         | 0,18     |

Tabla extraída del DA DB-HE / 1. Cálculo de parámetros característicos de la envolvente.

$A_{h-nh}$ :

Es el área completa de la planta (ver tablas de definición de la envolvente)

$$A_{h-nh} = 64,00 \text{ m}^2$$

$A_{nh-e}$ :

Este cerramiento de contacto entre el no habitable y el exterior tiene dos partes:

- Una primera de fachada vertical con un perímetro de 32 m (8x4) y una altura de 0,5 m. En total, 16  $\text{m}^2$ .
- La segunda parte se corresponde con la superficie de los faldones de cubierta, cada uno de ellos tiene una superficie de 22,60  $\text{m}^2$ . En total una superficie de 90,40  $\text{m}^2$ . (ver tablas de definición de la envolvente)

Es decir,

$$A_{nh-e} = 16 + 90,4 = 106,40 \text{ m}^2$$

Por tanto:

$$A_{h-nh} / A_{nh-e} = 64 / 106,40 = 0,601$$

Llevando estos datos a la tabla y considerando que ambos cerramientos están aislados obtenemos el coeficiente de reducción de temperatura,  $b = 0,67$  (interpolando un valor más exacto obtendríamos 0,698)

Tabla 7 Coeficiente de reducción de temperatura b

| $A_{h-nh}/A_{nh-e}$ | No aislado <sub>nh-e</sub> -Aislado <sub>h-nh</sub> |        | No aislado <sub>nh-e</sub> -No aislado <sub>h-nh</sub> |        | Aislado <sub>nh-e</sub> -No aislado <sub>h-nh</sub> |        |
|---------------------|-----------------------------------------------------|--------|--------------------------------------------------------|--------|-----------------------------------------------------|--------|
|                     | CASO 1                                              | CASO 2 | CASO 1                                                 | CASO 2 | CASO 1                                              | CASO 2 |
| <0,25               | 0,99                                                | 1,00   | 0,94                                                   | 0,97   | 0,91                                                | 0,96   |
| 0,25 ≤ 0,50         | 0,97                                                | 0,99   | 0,85                                                   | 0,92   | 0,77                                                | 0,90   |
| 0,50 ≤ 0,75         | 0,96                                                | 0,98   | 0,77                                                   | 0,87   | 0,67                                                | 0,84   |
| 0,75 ≤ 1,00         | 0,94                                                | 0,97   | 0,70                                                   | 0,83   | 0,59                                                | 0,79   |
| 1,00 ≤ 1,25         | 0,92                                                | 0,96   | 0,65                                                   | 0,79   | 0,53                                                | 0,74   |
| 1,25 ≤ 2,00         | 0,89                                                | 0,95   | 0,56                                                   | 0,73   | 0,44                                                | 0,67   |
| 2,00 ≤ 2,50         | 0,86                                                | 0,93   | 0,48                                                   | 0,66   | 0,36                                                | 0,59   |
| 2,50 ≤ 3,00         | 0,83                                                | 0,91   | 0,43                                                   | 0,61   | 0,32                                                | 0,54   |
| >3,00               | 0,81                                                | 0,90   | 0,39                                                   | 0,57   | 0,28                                                | 0,50   |

Tabla extraída del DA DB-HE / 1. Cálculo de parámetros característicos de la envolvente.

Por tanto, el valor de transmitancia para este cerramiento es de:

$$U_{\text{forjado}} = U_P \cdot b$$

$$U_P = 0,23 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$U_{\text{forjado}} = 0,23 \cdot 0,698 = 0,16054 \approx 0,16 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

FORJADO DEL PERIMETRO. Caso de la OPCIÓN 2

La transmitancia térmica U [W/m²K] se calcula aplicando la siguiente expresión:

$$U_{\text{forjado}} = U_P \cdot b$$

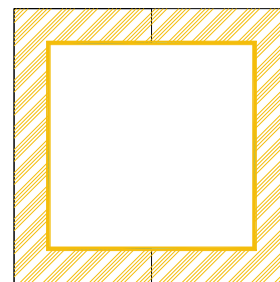
Aplicando nuevamente la expresión (1):

$$U_P = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0,10 + \frac{0,01}{2,30} + \frac{0,055}{0,55} + \frac{0,12}{0,034} + \frac{0,25}{0,908} + 0,16 + \frac{0,015}{0,25} + 0,10} = 0,230995429 \approx 0,23 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$A_{h-nh}$ :

Es el área de la franja del perímetro de la planta que ocupan los espacios no habitables del bajocubierta.  
(ver tablas de definición de la envolvente)

$$A_{h-nh} = 28,00 \text{ m}^2$$



$A_{nh-e}$ :

Este cerramiento de contacto entre el no habitable y el exterior tiene dos partes:

- Una primera de fachada vertical con un perímetro de 32 m (8x4) y una altura de 0,5 m. En total, 16 m².
- La segunda parte se corresponde con la parte de los faldones de cubierta que cierran este espacio no habitable cada uno de estos faldones tiene una superficie de 9,87 m². En total una superficie de 39,48 m². (ver tablas de definición de la envolvente)

Es decir,

$$A_{nh-e} = 16 + 39,48 = 55,48 \text{ m}^2$$

Por tanto:

$$A_{h-nh} / A_{nh-e} = 28 / 55,48 = 0,504$$

Llevando estos datos a la tabla y considerando que ambos cerramientos están aislados obtenemos el coeficiente de reducción de temperatura,  $b = 0,67$ , interpolando un valor más exacto obtenemos  $0,767$ .

Tabla 7 Coeficiente de reducción de temperatura b

| $A_{h-nh}/A_{nh-e}$ | No aislado <sub>nh-e</sub> -Aislado <sub>nh-nh</sub> |        | No aislado <sub>nh-e</sub> -No aislado <sub>nh-nh</sub> |        | Aislado <sub>nh-e</sub> -No aislado <sub>nh-nh</sub> |        |
|---------------------|------------------------------------------------------|--------|---------------------------------------------------------|--------|------------------------------------------------------|--------|
|                     | CASO 1                                               | CASO 2 | CASO 1                                                  | CASO 2 | CASO 1                                               | CASO 2 |
| <0,25               | 0,99                                                 | 1,00   | 0,94                                                    | 0,97   | 0,91                                                 | 0,96   |
| 0,25 ≤ 0,50         | 0,97                                                 | 0,99   | 0,85                                                    | 0,92   | 0,77                                                 | 0,90   |
| 0,50 ≤ 0,75         | 0,96                                                 | 0,98   | 0,77                                                    | 0,87   | 0,67                                                 | 0,84   |
| 0,75 ≤ 1,00         | 0,94                                                 | 0,97   | 0,70                                                    | 0,83   | 0,59                                                 | 0,79   |
| 1,00 ≤ 1,25         | 0,92                                                 | 0,96   | 0,65                                                    | 0,79   | 0,53                                                 | 0,74   |
| 1,25 ≤ 2,00         | 0,89                                                 | 0,95   | 0,56                                                    | 0,73   | 0,44                                                 | 0,67   |
| 2,00 ≤ 2,50         | 0,86                                                 | 0,93   | 0,48                                                    | 0,66   | 0,36                                                 | 0,59   |
| 2,50 ≤ 3,00         | 0,83                                                 | 0,91   | 0,43                                                    | 0,61   | 0,32                                                 | 0,54   |
| >3,00               | 0,81                                                 | 0,90   | 0,39                                                    | 0,57   | 0,28                                                 | 0,50   |

Tabla extraída del DA DB-HE / 1. Cálculo de parámetros característicos de la envolvente.

Por tanto, el valor de transmitancia para este cerramiento es de:

$$U_{\text{forjado}} = U_p \cdot b$$

$$U_p = 0,23 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$U_{\text{forjado}} = 0,23 \cdot 0,767 = 0,176 \approx 0,17 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

#### Ejemplo 4

El siguiente ejemplo se refiere a la partición horizontal (forjado) que separa en todos los casos de estudio la planta baja de la cámara sanitaria. Su ejecución se realiza mediante encofrado perdido. Se trata de un caso particular de las particiones interiores que hemos visto hasta ahora. Para el caso de los suelos en contacto con cámaras sanitarias en el DA DB-HE/1 se propone un procedimiento de cálculo para las cámaras de aire ventiladas que cumplan simultáneamente las siguientes condiciones:

- que tengan una altura  $h$  inferior o igual a 1 m;
- que tengan una profundidad  $z$  respecto al nivel del terreno inferior o igual a 0,5 m.

En caso de no cumplirse la condición a), pero sí la b), la transmitancia del cerramiento en contacto con la cámara se puede calcular mediante el procedimiento descrito en el apartado 2.1.1 del DA DB-HE / 1. *Cálculo de parámetros característicos de la envolvente.*

En caso de no cumplirse la condición b), la transmitancia del cerramiento se puede calcular mediante la definición general del coeficiente  $b$  descrito en el apartado 2.1.3.1. del DA DB-HE / 1. *Cálculo de parámetros característicos de la envolvente.*

En nuestro caso no se cumple la condición b) pues la altura de la cámara sanitaria es de 1 m y la profundidad  $Z$  es  $>0,5$  m. Se supone una pequeña franja expuesta al exterior exclusivamente para la ventilación de la cámara. La estanqueidad de la cámara sanitaria es nivel 3.

Por tanto, el método de cálculo es el mismo de los dos ejemplos anteriores. La composición del forjado es la siguiente:

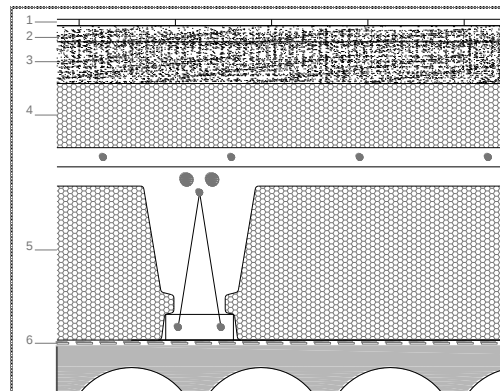
## FORJADO CON CÁMARA SANITARIA

## FOR CAM SANIT

## COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO

| capas                                      | espesor (m)  | Cond. $\lambda$ (W/m·K) |
|--------------------------------------------|--------------|-------------------------|
| 1 Plaqueta de gres                         | 0,01         | 2,300                   |
| 2 Mortero de cemento                       | 0,025        | 0,550                   |
| 3 Mortero de cemento de difusión           | 0,06         | 0,550                   |
| 4 XPS Expandido ( $\lambda$ :0,034 (W/m·K) | 0,1          | 0,034                   |
| 5 Forjado Entrevigado EPS mecanizado       | 0,3          | 0,256                   |
| 6 Lámina de cloruro de polivinilo (PVC)    | 0,005        | 0,170                   |
| <b>Total</b>                               | <b>0,500</b> |                         |

## SECCIÓN CONSTRUCTIVA



La transmitancia térmica  $U$  [W/m²K] se calcula aplicando la siguiente expresión:

$$U_{\text{forjadosanit}} = U_P \cdot b$$

Aplicando nuevamente la expresión (1):

$$U_P = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0,17 + \frac{0,01}{2,30} + \frac{0,025}{0,55} + \frac{0,065}{0,55} + \frac{0,10}{0,034} + \frac{0,30}{0,256} + 0,17} = 0,216401706 \approx 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Tabla 6 Resistencias térmicas superficiales de particiones interiores [m²K/W]

| Posición de la partición interior y sentido del flujo de calor                                          |  | $R_{se}$ | $R_{si}$ |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|----------|----------|
| Particiones interiores verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal           |  | 0,13     | 0,13     |
| Particiones interiores horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente (Techo) |  | 0,10     | 0,10     |
| Particiones interiores horizontales y flujo descendente (Suelo)                                         |  | 0,17     | 0,17     |

Tabla extraída del DA DB-HE / 1. Cálculo de parámetros característicos de la envolvente.

$A_{h-nh}$ :

Es el área completa de la planta (ver tablas de definición de la envolvente)

$$A_{h-nh} = 64,00 \text{ m}^2$$

$A_{nh-e}$ :

El cerramiento de la cámara en contacto con el exterior lo componen todas las paredes bajo rasante de la cámara y la superficie de la solera en contacto con el terreno.

Sería por tanto un área de 64m² (solera) + (8x4x1=32 m²) (muros de cámara sanitaria) = 96m²

$$A_{nh-e} = 96,00 \text{ m}^2$$

Por tanto:

$$A_{h-nh} / A_{nh-e} = 64/96 = 0,66$$

Llevando estos datos a la tabla y considerando que ambos cerramientos están aislados obtenemos el coeficiente de reducción de temperatura,  $b = 0,96$ . Si interpolamos un valor más exacto obtenemos: 0,95.

**Tabla 7 Coeficiente de reducción de temperatura b**

| $A_{h-nh} / A_{nh-e}$ | No aislado <sub>nh-e</sub> -Aislado <sub>h-nh</sub> |        | No aislado <sub>nh-e</sub> -No aislado <sub>h-nh</sub> |        | Aislado <sub>nh-e</sub> -No aislado <sub>h-nh</sub> |        |
|-----------------------|-----------------------------------------------------|--------|--------------------------------------------------------|--------|-----------------------------------------------------|--------|
|                       | CASO 1                                              | CASO 2 | CASO 1                                                 | CASO 2 | CASO 1                                              | CASO 2 |
| <0,25                 | 0,99                                                | 1,00   | 0,94                                                   | 0,97   | 0,91                                                | 0,96   |
| 0,25 ≤ 0,50           | 0,97                                                | 0,99   | 0,85                                                   | 0,92   | 0,77                                                | 0,90   |
| 0,50 ≤ 0,75           | 0,96                                                | 0,98   | 0,77                                                   | 0,87   | 0,67                                                | 0,84   |
| 0,75 ≤ 1,00           | 0,94                                                | 0,97   | 0,70                                                   | 0,83   | 0,59                                                | 0,79   |
| 1,00 ≤ 1,25           | 0,92                                                | 0,96   | 0,65                                                   | 0,79   | 0,53                                                | 0,74   |
| 1,25 ≤ 2,00           | 0,89                                                | 0,95   | 0,56                                                   | 0,73   | 0,44                                                | 0,67   |
| 2,00 ≤ 2,50           | 0,86                                                | 0,93   | 0,48                                                   | 0,66   | 0,36                                                | 0,59   |
| 2,50 ≤ 3,00           | 0,83                                                | 0,91   | 0,43                                                   | 0,61   | 0,32                                                | 0,54   |
| >3,00                 | 0,81                                                | 0,90   | 0,39                                                   | 0,57   | 0,28                                                | 0,50   |

Tabla extraída del DA DB-HE / 1. Cálculo de parámetros característicos de la envolvente.

Por tanto, el valor de transmitancia para este cerramiento es de:

$$U_{forjadosanit} = U_p \cdot b$$

$$U_p = 0,22 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$U_{forjadosanit} = 0,22 \cdot 0,95 = 0,209 \approx 0,21 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

COND  
ENSA

## 3. CÁLCULO DE CONDENSACIONES INTERSTICIALES

1. Datos previos
2. Comprobación de la limitación de condensaciones intersticiales

Para la comprobación de la existencia de condensaciones intersticiales en la fachada del ejemplo, se va a seguir el procedimiento descrito en el *DA DB-HE/2 Comprobación de limitación de condensaciones superficiales e intersticiales en los cerramientos*.

Se va a realizar la comprobación de condensaciones intersticiales en el cerramiento de fachada de planta baja. Recordemos que los datos relativos a la composición y esquema de dicha fachada son los siguientes:

| MURO EXTERIOR                          |                   |                         | M EXT                |
|----------------------------------------|-------------------|-------------------------|----------------------|
| COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO            |                   |                         | SECCIÓN CONSTRUCTIVA |
| capas                                  | espesor (m)       | Cond. $\lambda$ (W/m·K) |                      |
| 1 Mortero de cemento                   | 0,03              | 0,550                   |                      |
| 2 EPS Poliestireno                     | 0,14              | 0,038                   |                      |
| 3 1 pie LP métrico o catalán           | 0,24              | 0,667                   |                      |
| 4 Mortero de cemento                   | 0,01              | 0,550                   |                      |
| 5 Cámara de aire sin ventilar vertical | 0,05              | 0,18                    |                      |
| 6 Placa de yeso laminado               | 0,015             | 0,250                   |                      |
| 7 Placa de yeso laminado               | 0,015             | 0,250                   |                      |
| <b>Total</b>                           | <b>0,500</b>      |                         |                      |
| <b>TRANSMITANCIA</b>                   | <b>0,22 W/m²K</b> |                         |                      |

## DAT

1. Datos previos

Los parámetros necesarios para el cálculo y que caracterizan las propiedades de cada una de las capas que componen el cerramiento, se resumen en la siguiente tabla:

## CARACTERIZACIÓN DEL CERRAMIENTO

| CAPAS DEL CERRAMIENTO                        | espesor. e<br>(m) | Cond. $\lambda$<br>(W/m·K) | R <sub>térmica</sub><br>(m <sup>2</sup> ·K/W) | $\mu$ factor resist.<br>difus. vapor de<br>agua | S <sub>d</sub><br>(m) |
|----------------------------------------------|-------------------|----------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------|
| Resistencia térmica suprf exterior           | -                 | -                          | 0,04                                          | -                                               | -                     |
| 1 Mortero de cemento                         | 0,030             | 0,550                      | 0,05                                          | 10                                              | 0,3                   |
| 2 EPS Poliestireno                           | 0,140             | 0,038                      | 3,68                                          | 20                                              | 2,8                   |
| 3 1 pie Ladrillo Perforado métrico o catalán | 0,240             | 0,667                      | 0,36                                          | 10                                              | 2,4                   |
| 4 Mortero de cemento                         | 0,010             | 0,550                      | 0,02                                          | 10                                              | 0,1                   |
| 5 Cámara de aire sin ventilar vertical       | 0,050             |                            | 0,18                                          | 1                                               | 0,05                  |
| 6 Placa de yeso laminado                     | 0,015             | 0,250                      | 0,06                                          | 4                                               | 0,06                  |
| 7 Placa de yeso laminado                     | 0,015             | 0,250                      | 0,06                                          | 4                                               | 0,06                  |
| Resistencia térmica suprf. Interior          | -                 | -                          | 0,13                                          | -                                               | -                     |
| <b>TOTALES</b>                               |                   |                            | <b>4,59</b>                                   |                                                 | <b>5,77</b>           |

Leyenda:

**e**: es el espesor de cada capa [m]

**$\lambda$** : conductividad térmica del material que forma la capa. En nuestro caso los hemos tomado de la base de datos constructiva que incorpora HULC. [W/m·K]

**R**: resistencia térmica de la capa (obtenidos de la base de datos constructiva de HULC) o en su caso resistencia térmica superficial exterior e interior (ver apartado de ayuda dedicado al cálculo de transmitancias). [m<sup>2</sup>·K/W]

**$\mu$** : es el factor de resistencia a la difusión del vapor de agua de cada capa, que se puede obtener a partir de valores térmicos declarados según la norma UNE EN ISO 10 456: 2012 o tomado de Documentos Reconocidos. En nuestro caso los hemos tomado de la base de datos constructiva que incorpora HULC. [adimensional]

**S<sub>d</sub>**: es el espesor de aire equivalente de cada capa frente a la difusión del vapor de agua, calculado mediante la siguiente expresión [m];

$$S_d = e \cdot \mu$$

Estas propiedades las suponemos constantes como aproximación válida y suficiente para el cálculo que se va a desarrollar.

### Condiciones exteriores

Para el cálculo de condensaciones se toman como temperaturas exteriores y humedades relativas exteriores los valores medios mensuales de la localidad donde se ubique el edificio. Si se trata de capitales de provincia, se pueden tomar los valores contenidos en la tabla C.1 del apéndice C, del *DA DB-HE/2 Comprobación de limitación de condensaciones superficiales e intersticiales en los cerramientos*.

Para localidades que no sean capitales de provincia como es nuestro caso (Albarracín) y si no se disponen de registros climáticos contrastados, se puede proceder de la siguiente forma:

- Si la altitud de la localidad de proyecto es mayor que la de la capital de provincia, se puede suponer que la temperatura exterior es igual a la de la capital de provincia correspondiente minorada en 1 °C por cada 100 m de diferencia de altura entre ambas localidades. La humedad relativa para dichas localidades se calcula suponiendo que su humedad absoluta es igual a la de su capital de provincia.
- Si la localidad de proyecto se encuentra a menor altura que la de referencia se toma para dicha localidad la temperatura y humedad de la capital de provincia.

En consecuencia, en nuestro caso los datos de cálculo para el mes de enero, en principio el más desfavorable, son los siguientes:

| TERUEL Capital provincia |                                        |                                        |
|--------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|
| Altitud (msnm)           | T <sub>media</sub> θ <sub>e</sub> (°C) | HR <sub>media</sub> φ <sub>e</sub> (%) |
| 915                      | 3,8                                    | 72                                     |

| Localidad ALBARRACÍN |                                            |                                            |
|----------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Altitud (msnm)       | T <sub>media</sub> θ <sub>e,loc</sub> (°C) | HR <sub>media</sub> φ <sub>e,loc</sub> (%) |
| 1200                 | 1,0                                        |                                            |

La temperatura de cálculo media de enero es de 0,95 °C, con redondeo del segundo decimal de 1 °C.

Por otra parte, el procedimiento para obtener la humedad relativa de la localidad a partir de los datos de su capital de provincia es el siguiente:

- a) cálculo de la presión de saturación de la capital de provincia  $P_{sat}$  en [Pa], a partir de su temperatura exterior ( $\theta_e$ ) para el mes de cálculo (enero) en [°C], según el apartado 3.1 del DA DB-HE/2 *Comprobación de limitación de condensaciones superficiales e intersticiales en los cerramientos*.

$$P_{sat} = 610,5 \cdot e^{\frac{17,269 \cdot \theta_e}{237,3 + \theta_e}} \quad [1]$$

$$P_{sat} = 610,5 \cdot e^{\frac{17,269 \cdot 3,8}{237,3 + 3,8}} = \mathbf{801,48 \text{ Pa}}$$

θ<sub>e</sub>: temperatura exterior de cálculo de la capital de provincia (en nuestro caso 3,8°C)

- b) cálculo de la presión de vapor de la capital de provincia  $P_e$  en [Pa], mediante la expresión:

$$P_e = \phi_e \cdot P_{sat}(\theta_e) \quad [2]$$

donde,

φ<sub>e</sub> es la humedad relativa exterior para la capital de provincia y el mes de cálculo [en tanto por 1].

En nuestro caso,

$$P_e = 0,72 \cdot 801,48 \text{ Pa} = \mathbf{577,06 \text{ Pa}}$$

- c) cálculo de la presión de saturación de la localidad  $P_{sat,loc}$  en [Pa], según el apartado 3.1, del DA DB-HE/2 *Comprobación de limitación de condensaciones superficiales e intersticiales en los cerramientos*, siendo ahora θ la temperatura exterior para la localidad y el mes de cálculo en [°C], es decir, θ<sub>e,loc</sub> en la tabla anterior (1°C).

$$P_{sat,loc} = 610,5 \cdot e^{\frac{17,269 \cdot \theta_{e,loc}}{237,3 + \theta_{e,loc}}}$$

$$P_{sat,loc} = 610,5 \cdot e^{\frac{17,269 \cdot 1}{237,3 + 1}} = \mathbf{656,38 \text{ Pa}}$$

- d) Para el cálculo de la humedad relativa para dicha localidad y mes, suponemos que su humedad absoluta es igual a la de su capital de provincia y aplicamos la expresión:

$$\phi_{e,loc} = P_e / P_{sat,loc}(\theta_{e,loc}) \quad [3]$$

$$\phi_{e,loc} = \frac{577,06}{656,38} = 0,879 \approx \mathbf{0,88}$$

Por tanto, completando la tabla de condiciones exteriores para el mes de enero, queda como sigue:

| TERUEL Capital provincia |                           |                         | Localidad ALBARRACÍN |                                 |                               |
|--------------------------|---------------------------|-------------------------|----------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Altitud (msnm)           | $T_{media} \theta_e$ (°C) | $HR_{media} \phi_e$ (%) | Altitud (msnm)       | $T_{media} \theta_{e,loc}$ (°C) | $HR_{media} \phi_{e,loc}$ (%) |
| 915                      | 3,8                       | 72                      | 1200                 | 1,0                             | 88                            |

### Condiciones interiores

Para la temperatura del ambiente interior tomaremos 20°C para el mes de enero.

Si se dispone del dato de humedad relativa interior ( $\phi_i$ ) y esta se mantiene constante, debido por ejemplo a un sistema de climatización, se puede utilizar dicho dato en el cálculo añadiéndole 0,05 como margen de seguridad.

En caso de conocer el ritmo de producción de la humedad interior y la tasa de renovación de aire, se puede calcular la humedad relativa interior del mes de enero mediante el método descrito en el apartado 3.2 del DA DB-HE/2 *Comprobación de limitación de condensaciones superficiales e intersticiales en los cerramientos*.

En nuestro caso, vivienda unifamiliar, situada en el interior de la península y a falta de datos más precisos, se pueden optar por la opción que se propone en el punto 2.2.2 Condiciones interiores para el cálculo de condensaciones intersticiales, del DA DB-HE/2 *Comprobación de limitación de condensaciones superficiales e intersticiales en los cerramientos*. Así podemos considerar que sus espacios son de clase de higrometría 3 o inferior. Es decir, son espacios en los que no se prevé una alta producción de humedad. En dicho apartado se propone una HR del 55% para la clase de higrometría 3 o inferior:

*“clase de higrometría 3 o inferior, correspondiente a espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad, como oficinas, tiendas, zonas de almacenamiento y todos los espacios en edificios de uso residencial: 55%”*

En consecuencia, las condiciones interiores quedarían de la siguiente forma:

| CONDICIONES INTERIORES       |                            |
|------------------------------|----------------------------|
| $T_{interior} \theta_i$ (°C) | $HR_{interior} \phi_i$ (%) |
| 20                           | 55                         |

Para obtener la presión de vapor interior utilizamos la siguiente expresión:

$$P_i = \phi_i \cdot 2337$$

donde,

$\phi_i$  es la humedad relativa interior definida en el párrafo anterior [en tanto por 1]

para los valores de nuestro ejemplo,

$$P_i = 0,55 \cdot 2337 = 1285,35 \text{ Pa}$$

## CUMPLE

## 1. Comprobación de la limitación de condensaciones intersticiales

Para este apartado aplicaremos el método descrito en el punto 4.2.1 del *DA DB-HE/2 Comprobación de limitación de condensaciones superficiales e intersticiales en los cerramientos*.

De manera resumida el método consiste en la comparación de la presión de vapor calculada en la superficie de cada una de las capas que conforman el cerramiento, con la presión de saturación en cada punto. Para toda la sección del cerramiento, es necesario calcular:

- la distribución de temperaturas;
- la distribución de presiones de vapor de saturación para las temperaturas antes calculadas;
- la distribución de presiones de vapor.

**Distribución de temperaturas**

La distribución de temperaturas a lo largo del espesor de un cerramiento formado por varias capas depende de las temperaturas del aire a ambos lados del mismo, así como de las resistencias térmicas superficiales interior  $R_{si}$  y exterior  $R_{se}$ , y de las resistencias térmicas de cada capa ( $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$ ) que forman el cerramiento.

Para obtener la distribución de temperaturas procedemos de la siguiente forma:

1º. calculamos la resistencia térmica total del elemento

Las resistencias térmicas superficiales las obtenemos de la Tabla 1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior [ $m^2 \cdot K / W$ ] del *DA DB-HE / 1 Cálculo de parámetros característicos de la envolvente*.

Tabla 1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior [ $m^2 \cdot K / W$ ]

| Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor                                                    | $R_{se}$ | $R_{si}$ |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|
| 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 (techo) | 0,04     | 0,10     |
| Cerramientos horizontales y flujo descendente (suelo)                                                    | 0,04     | 0,17     |

Tabla extraída del *DA DB-HE / 1. Cálculo de parámetros característicos de la envolvente*

Para el cálculo de la resistencia térmica total ( $R_T$ ) del muro de fachada, aplicamos la expresión ya vista en el apartado anterior de ayudas dedicado al cálculo de transmitancias:

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

siendo,

$R_1, R_2, \dots, R_n$  las resistencias térmicas de cada capa definidas según la expresión (3) [ $m^2 \cdot K / W$ ];

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

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

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

siendo,

$e$  el espesor de la capa [m]. En caso de una capa de espesor variable se considera el espesor medio;

$\lambda$  la conductividad térmica de diseño del material que compone la capa, que se puede calcular a partir de los valores térmicos declarados según la norma UNE-EN 10456:2012.

Utilizamos los datos de espesor y conductividad térmica de cada capa que figuran en la ficha del cerramiento. Ordenados de exterior a interior, los valores son los siguientes:

$$R_T = 0,04 + \frac{0,03}{0,55} + \frac{0,14}{0,038} + \frac{0,24}{0,667} + \frac{0,01}{0,55} + 0,18 + \frac{0,015}{0,25} + \frac{0,015}{0,25} + 0,13 = 4,59 \text{ m}^2 \cdot K / W$$

Los valores de resistencias térmicas por capas quedan como sigue en la tabla de cálculo:

|                                          | EXTERIOR | Superf ext. | CAPA 1 | CAPA 2 | CAPA 3 | CAPA 4 | CAPA 5 | CAPA 6 | CAPA 7 | Superf int. | INTERIOR |
|------------------------------------------|----------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------|----------|
| Resistencia térmica<br>$m^2 \cdot K / W$ | -        | $R_{se}$    | $R_1$  | $R_2$  | $R_3$  | $R_4$  | $R_5$  | $R_6$  | $R_7$  | $R_{si}$    | -        |
|                                          |          | 0,04        | 0,055  | 3,684  | 0,360  | 0,018  | 0,180  | 0,060  | 0,060  | 0,13        |          |

A continuación, realizamos la distribución de temperaturas por capas del cerramiento entre exterior e interior y de manera proporcional a la resistencia térmica ya calculada para cada capa.

2º, calculamos la temperatura superficial exterior mediante la expresión:

$$\theta_{se} = \theta_e + \frac{R_{se}}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad [4]$$

donde,

$\theta_e$  es la temperatura exterior de la localidad en la que se ubica el edificio según los cálculos realizados correspondiente a la temperatura media del mes de enero [°C];

$\theta_i$  es la temperatura interior definida anteriormente [°C];

$R_T$  es la resistencia térmica total del componente constructivo, en este caso de la fachada [ $m^2 \cdot K / W$ ];

$R_{se}$  es la resistencia térmica superficial correspondiente al aire exterior, en función de la posición del elemento constructivo, dirección del flujo de calor y su situación en el edificio [ $m^2 \cdot K / W$ ].

Los valores de temperatura exterior e interior ya los hemos calculado en los apartados de condiciones exteriores e interiores. La resistencia térmica superficial exterior ( $R_{se}$ ) la obtenemos de la *Tabla 1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior* [ $m^2 \cdot K / W$ ] del *DA DB-HE / 1 Cálculo de parámetros característicos de la envolvente*.

Aplicando a la expresión [4] con todos los valores ya conocidos, obtenemos la temperatura superficial exterior:

$$\theta_{se} = \theta_e + \frac{R_{se}}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

$$\theta_{se} = 1 + \frac{0,04}{4,59} \cdot (20 - 1) = 1,12 \text{ } ^\circ C$$

3º calculamos la temperatura en cada una de las capas que componen el elemento constructivo según las expresiones siguientes:

$$\begin{aligned}\theta_1 &= \theta_{se} + \frac{R_1}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e) \\ \theta_2 &= \theta_1 + \frac{R_2}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad [5] \\ &\dots\dots\dots \\ \theta_n &= \theta_{n-1} + \frac{R_n}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e)\end{aligned}$$

donde,

$\theta_{se}$  es la temperatura superficial exterior [°C] ya calculada;

$\theta_e$  es la temperatura exterior de la localidad en la que se ubica el edificio también ya calculada y correspondiente a la temperatura media del mes de enero [°C];

$\theta_i$  es la temperatura interior ya definida en [°C];

$\theta_1 \dots \theta_{n-1}$  son las temperaturas en cada capa [°C].

$R_1, R_2 \dots R_n$  son las resistencias térmicas de cada capa [m<sup>2</sup>·K/ W];

$R_T$  es la resistencia térmica total del componente constructivo [m<sup>2</sup>·K/ W]; también ya calculada.

Los valores obtenidos en el cálculo para cada capa se incorporan en la tabla resumen al final de este apartado.

4º calculamos la temperatura superficial interior ( $\theta_{si}$ )

$$\theta_{si} = \theta_n + \frac{R_{si}}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad [6]$$

donde,

$\theta_e$  es la temperatura exterior de la localidad en la que se ubica el edificio también ya calculada y correspondiente a la temperatura media del mes de enero [°C];

$\theta_i$  es la temperatura interior ya definida en [°C];

$\theta_n$  es la temperatura en la capa n [°C];

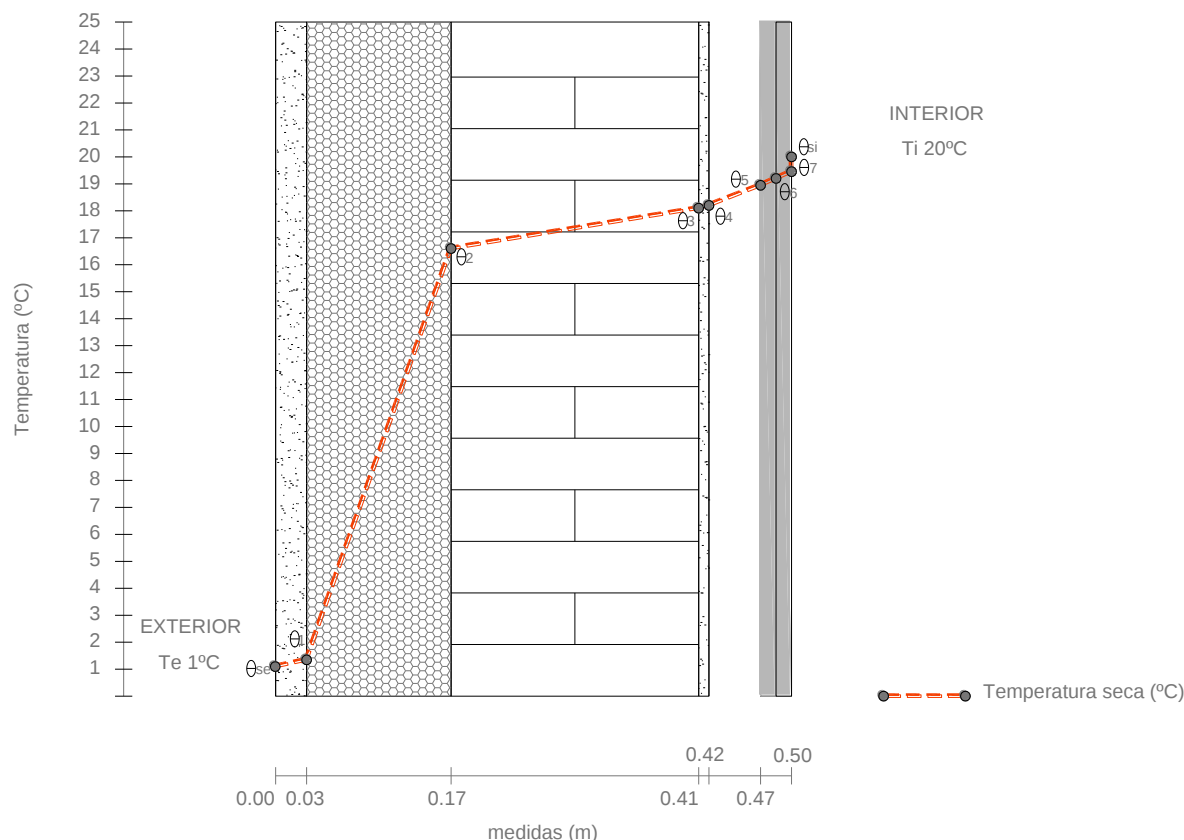
$R_{si}$  es la resistencia térmica superficial correspondiente al aire interior, obtenida de acuerdo con la posición del elemento constructivo, dirección del flujo de calor y su situación en el edificio [m<sup>2</sup>·K/ W];

$R_T$  es la resistencia térmica total del componente constructivo [m<sup>2</sup>·K/ W]; también ya calculada.

Los valores obtenidos se añaden a la tabla de cálculo:

|                                             | EXTERIOR           | Superf ext.           | CAPA 1             | CAPA 2              | CAPA 3              | CAPA 4              | CAPA 5              | CAPA 6              | CAPA 7              | Superf int.            | INTERIOR            |
|---------------------------------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------|---------------------|
| Resistencia térmica<br>m <sup>2</sup> ·K/ W | -                  | $R_{se}$<br>0,04      | $R_1$<br>0,055     | $R_2$<br>3,684      | $R_3$<br>0,360      | $R_4$<br>0,018      | $R_5$<br>0,180      | $R_6$<br>0,060      | $R_7$<br>0,060      | $R_{si}$<br>0,13       | -                   |
| Temperaturas<br>°C                          | $\theta_e$<br>1,00 | $\theta_{se}$<br>1,12 | $\theta_1$<br>1,34 | $\theta_2$<br>16,63 | $\theta_3$<br>18,13 | $\theta_4$<br>18,20 | $\theta_5$<br>18,95 | $\theta_6$<br>19,20 | $\theta_7$<br>19,45 | $\theta_{si}$<br>19,99 | $\theta_i$<br>20,00 |

Gráficamente la distribución de temperaturas en las diferentes capas que componen la sección del cerramiento se puede representar de la siguiente forma:



### Distribución de la presión de vapor de saturación

A partir de la distribución de temperaturas obtenida en el apartado anterior, se puede obtener la distribución de la presión de vapor de saturación a lo largo del muro de fachada.

Para ello aplicamos la expresión [1] introduciendo las temperaturas de cada capa.

$$P_{\text{sat}} = 610,5 \cdot e^{\frac{17,269 \cdot \theta_i}{237,3 + \theta_i}} \quad [1]$$

Los valores obtenidos son los siguientes:

|                                             | EXTERIOR                        | Superf. ext.              | CAPA 1                    | CAPA 2                     | CAPA 3                     | CAPA 4                     | CAPA 5                     | CAPA 6                     | CAPA 7                     | Superf. int.               | INTERIOR                   |
|---------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Resistencia térmica<br>m <sup>2</sup> ·K/ W | -                               | R <sub>se</sub><br>0,04   | R <sub>1</sub><br>0,055   | R <sub>2</sub><br>3,684    | R <sub>3</sub><br>0,360    | R <sub>4</sub><br>0,018    | R <sub>5</sub><br>0,180    | R <sub>6</sub><br>0,060    | R <sub>7</sub><br>0,060    | R <sub>si</sub><br>0,13    | -                          |
| Temperaturas<br>°C                          | θ <sub>e</sub><br>1,00          | θ <sub>se</sub><br>1,12   | θ <sub>1</sub><br>1,34    | θ <sub>2</sub><br>16,63    | θ <sub>3</sub><br>18,13    | θ <sub>4</sub><br>18,20    | θ <sub>5</sub><br>18,95    | θ <sub>6</sub><br>19,20    | θ <sub>7</sub><br>19,45    | θ <sub>si</sub><br>19,99   | θ <sub>i</sub><br>20,00    |
| Pres. vapor satur.<br>Pa                    | P <sub>sat, loc</sub><br>656,38 | P <sub>se</sub><br>661,90 | P <sub>s1</sub><br>672,78 | P <sub>s2</sub><br>1892,07 | P <sub>s3</sub><br>2079,29 | P <sub>s4</sub><br>2089,16 | P <sub>s5</sub><br>2189,17 | P <sub>s6</sub><br>2223,42 | P <sub>s7</sub><br>2258,14 | P <sub>si</sub><br>2335,01 | P <sub>si</sub><br>2335,01 |

La distribución de presión de vapor a través del cerramiento en cada una de las interfases se calcula mediante las siguientes expresiones:

$$P_1 = P_e + \frac{S_{d1}}{\sum S_{dn}} \cdot (P_i - P_e)$$

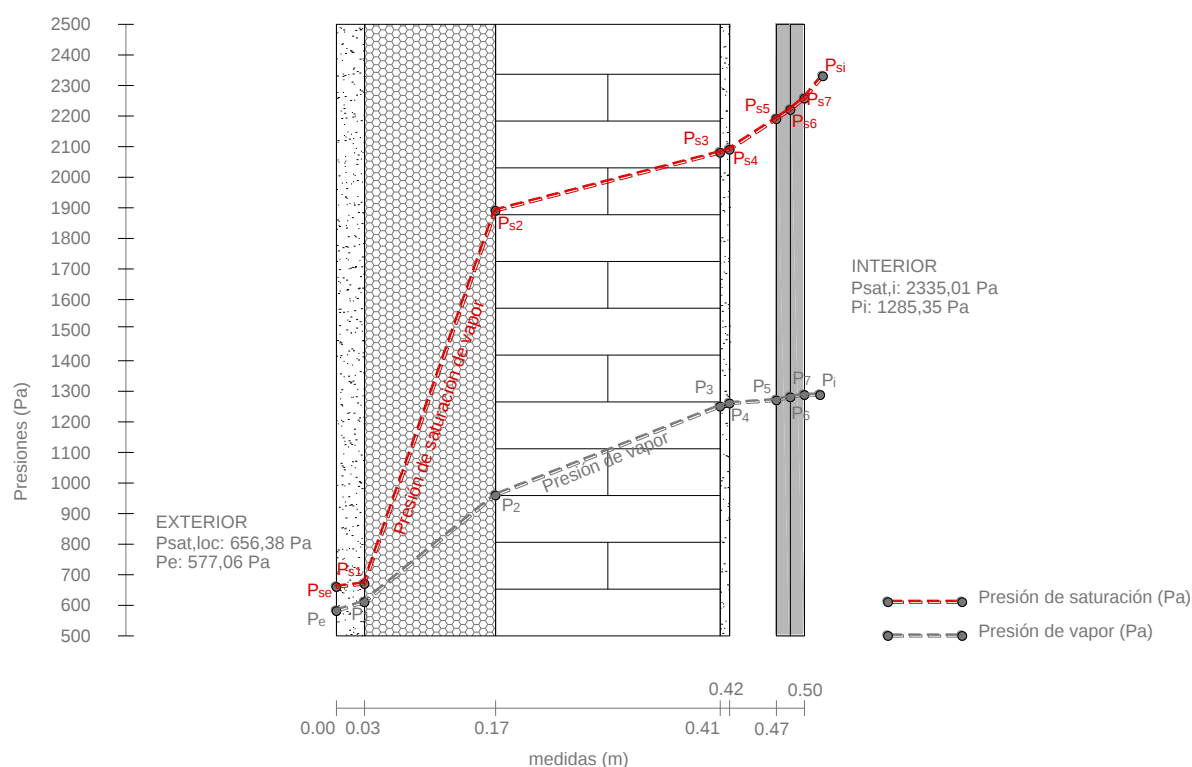
$$P_2 = P_1 + \frac{S_{d2}}{\sum S_{dn}} \cdot (P_i - P_e)$$

$$P_n = P_{n-1} + \frac{S_{d(n)}}{\sum S_{dn}} \cdot (P_i - P_e)$$

Los resultados obtenidos para cada punto en la sección del cerramiento se resumen en la siguiente tabla ya completa:

|                                             | EXTERIOR              | Superf. ext.    | CAPA 1          | CAPA 2          | CAPA 3          | CAPA 4          | CAPA 5          | CAPA 6          | CAPA 7          | Superf. int.    | INTERIOR        |
|---------------------------------------------|-----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Resistencia térmica<br>m <sup>2</sup> ·K/ W | -                     | R <sub>se</sub> | R <sub>1</sub>  | R <sub>2</sub>  | R <sub>3</sub>  | R <sub>4</sub>  | R <sub>5</sub>  | R <sub>6</sub>  | R <sub>7</sub>  | R <sub>si</sub> | -               |
|                                             | -                     | 0,04            | 0,055           | 3,684           | 0,360           | 0,018           | 0,180           | 0,060           | 0,060           | 0,13            | -               |
| Temperaturas<br>°C                          | θ <sub>e</sub>        | θ <sub>se</sub> | θ <sub>1</sub>  | θ <sub>2</sub>  | θ <sub>3</sub>  | θ <sub>4</sub>  | θ <sub>5</sub>  | θ <sub>6</sub>  | θ <sub>7</sub>  | θ <sub>si</sub> | θ <sub>i</sub>  |
|                                             | 1,00                  | 1,12            | 1,34            | 16,63           | 18,13           | 18,20           | 18,95           | 19,20           | 19,45           | 19,99           | 20,00           |
| Pres. vapor satur.<br>Pa                    | P <sub>sat, loc</sub> | P <sub>se</sub> | P <sub>s1</sub> | P <sub>s2</sub> | P <sub>s3</sub> | P <sub>s4</sub> | P <sub>s5</sub> | P <sub>s6</sub> | P <sub>s7</sub> | P <sub>si</sub> | P <sub>si</sub> |
|                                             | 656,38                | 661,90          | 672,78          | 1892,07         | 2079,29         | 2089,16         | 2189,17         | 2223,42         | 2258,14         | 2335,01         | 2335,01         |
| Presiones vapor<br>Pa                       | P <sub>e</sub>        | P <sub>e</sub>  | P <sub>1</sub>  | P <sub>2</sub>  | P <sub>3</sub>  | P <sub>4</sub>  | P <sub>5</sub>  | P <sub>6</sub>  | P <sub>7</sub>  | P <sub>i</sub>  | P <sub>i</sub>  |
|                                             | 577,06                | 577,06          | 613,89          | 957,60          | 1252,21         | 1264,48         | 1270,62         | 1277,98         | 1285,35         | 1285,35         | 1285,35         |

Si alguno de los valores de presión de vapor alcanza o supera la presión de vapor de saturación en ese punto, se producirán condensaciones. Una forma más visual de evaluar esta posibilidad consiste en representar sobre el esquema de la sección del cerramiento las gráficas de ambos parámetros (presión de vapor y presión de saturación) y analizar si existen puntos de contacto o intersección. A continuación, se representa dicho gráfico para el muro exterior de la vivienda:



Como se observa en la gráfica no existe contacto entre ambas gráficas por lo que se puede concluir que para las condiciones exteriores (mes de enero) e interiores establecidas, no se producen condensaciones intersticiales en ninguna de las capas que forman el cerramiento analizado.



# **CURSO/GUÍA PRÁCTICA DEL AUDITOR ENERGÉTICO**

**Auditoría y certificación energética  
de edificios.**



## Índice

|                                                                                                                                                                                                                               |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>¿QUÉ APRENDERÁ?</b>                                                                                                                                                                                                        | <b>21</b> |
| <b>Introducción</b>                                                                                                                                                                                                           | <b>22</b> |
| La diferencia entre una auditoría energética y la gestión energética                                                                                                                                                          | 22        |
| ¿Qué es una auditoría energética?                                                                                                                                                                                             | 22        |
| ¿Qué es la gestión energética?                                                                                                                                                                                                | 22        |
| La diferencia entre una auditoría energética y la gestión energética                                                                                                                                                          | 23        |
| <b>PARTE PRIMERA</b>                                                                                                                                                                                                          | <b>24</b> |
| <b>Normativa de la certificación energética.</b>                                                                                                                                                                              | <b>24</b> |
| <b>Capítulo 1. Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios.</b>                                                    | <b>24</b> |
| <b>1. Antecedentes históricos.</b>                                                                                                                                                                                            | <b>24</b> |
| a. Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2002.                                                                                                                                     | 25        |
| b. Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010.                                                                                                                                          | 27        |
| <b>2. El obligado certificado de eficiencia energética.</b>                                                                                                                                                                   | <b>27</b> |
| a. Código Técnico de la Edificación.                                                                                                                                                                                          | 27        |
| b. Metodología de cálculo de la calificación de eficiencia energética.                                                                                                                                                        | 28        |
| c. Edificios públicos. Administraciones públicas.                                                                                                                                                                             | 28        |
| <b>3. Régimen transitorio.</b>                                                                                                                                                                                                | <b>28</b> |
| <b>4. Etiqueta de eficiencia energética ESTATAL. Situación de las Comunidades autónomas.</b>                                                                                                                                  | <b>28</b> |
| <b>5. El desarrollo reglamentario.</b>                                                                                                                                                                                        | <b>29</b> |
| <b>6. Programas informáticos de calificación de eficiencia energética para edificios existentes</b>                                                                                                                           | <b>31</b> |
| <b>7. El Registro de los certificados de eficiencia energética.</b>                                                                                                                                                           | <b>32</b> |
| <b>TALLER DE TRABAJO</b>                                                                                                                                                                                                      | <b>35</b> |
| <b>Real Decreto 732/2019, de 20 de diciembre, por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo.</b>                                                          | <b>35</b> |
| Documento Básico de Ahorro de Energía y la nueva sección del Documento Básico de Salubridad dedicada a la protección de los edificios frente a la exposición al gas radón.                                                    | 36        |
| <b>TALLER DE TRABAJO</b>                                                                                                                                                                                                      | <b>40</b> |
| <b>Real Decreto 564/2017, de 2 de junio, por el que se modifica el Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios</b> | <b>40</b> |
| <b>1. Certificados de eficiencia energética para determinados edificios.</b>                                                                                                                                                  | <b>41</b> |
| a. Edificios protegidos oficialmente.                                                                                                                                                                                         | 41        |
| b. Edificios industriales, de la defensa y agrícolas no residenciales.                                                                                                                                                        | 41        |
| c. Edificios de consumo de energía casi nulo.                                                                                                                                                                                 | 41        |
| <b>2. Obligación de exhibir la etiqueta de eficiencia energética en edificios protegidos oficialmente.</b>                                                                                                                    | <b>41</b> |
| <b>TALLER DE TRABAJO</b>                                                                                                                                                                                                      | <b>46</b> |
| <b>Orden FOM/588/2017, de 15 de junio, por la que se modifican el Documento Básico DB-HE "Ahorro de energía" y el Documento Básico DB-HS "Salubridad", del Código</b>                                                         |           |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo.</b>                                                                                                                                                                                                                     | <b>46</b> |
| <b>TALLER DE TRABAJO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>53</b> |
| <b>La certificación energética de los edificios. (Real Decreto 235/2013, de 5 abril).</b>                                                                                                                                                                                                                 | <b>53</b> |
| <b>1. Normativa autonómica de desarrollo.</b>                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>53</b> |
| <b>Andalucía</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>54</b> |
| Decreto 169/2011, de 31 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de Fomento de las Energías Renovables, el Ahorro y la Eficiencia Energética en Andalucía.                                                                                                                                            | 54        |
| Ley 2/2007, de 27 de marzo, de fomento de las energías renovables y del ahorro y eficiencia energética de Andalucía                                                                                                                                                                                       | 54        |
| Orden de 9 de diciembre de 2014, por la que se regula la organización y el funcionamiento del Registro de Certificados Energéticos Andaluces                                                                                                                                                              | 54        |
| <b>Aragón</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>54</b> |
| Decreto 46/2014, de 1 de abril, del Gobierno de Aragón, por el que se regulan actuaciones en materia de certificación de eficiencia energética de edificios y se crea su registro, en el ámbito de la Comunidad Autónoma de Aragón.                                                                       | 54        |
| <b>Canarias</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>54</b> |
| Decreto 26/2009, de 3 de marzo, por el que se regula el procedimiento de visado del Certificado de Eficiencia Energética de Edificios y se crea el correspondiente Registro en el ámbito de la Comunidad Autónoma de Canarias                                                                             | 54        |
| Decreto 13/2012, de 17 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento por el que se regula el procedimiento de registro del certificado de eficiencia energética de edificios en el ámbito de la Comunidad Autónoma de Canarias.                                                                         | 54        |
| <b>Castilla la Mancha</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>54</b> |
| Decreto 29/2014, de 8 de mayo, por el que se regulan las actuaciones en materia de certificación de la eficiencia energética de los edificios en la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha y se crea el Registro Autonómico de Certificados de Eficiencia Energética de Edificios de Castilla-La Mancha | 54        |
| <b>Castilla León</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>54</b> |
| Decreto 55/2011, de 15 de septiembre, por el que se regula el procedimiento para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción en la Comunidad de Castilla y León                                                                                                          | 55        |
| <b>Extremadura</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>55</b> |
| Decreto 136/2009, de 12 de junio, por el que se regula la certificación de eficiencia energética de edificios en la Comunidad Autónoma de Extremadura                                                                                                                                                     | 55        |
| Decreto 115/2018, de 24 de julio, por el que se regulan las actuaciones en materia de certificación de eficiencia energética de edificios en la Comunidad Autónoma de Extremadura y se crea el Registro de Certificaciones de Eficiencia Energética de Edificios                                          | 55        |
| <b>Galicia</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>55</b> |
| Decreto 128/2016 Certificación Energética de Edificios en Galicia                                                                                                                                                                                                                                         | 55        |
| <b>Madrid</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>55</b> |
| Orden de 14 de junio de 2013, del Consejero de Economía y Hacienda (BOCM de 21/06/13), por la que se crea el Registro de Certificados de Eficiencia Energética de Edificios de la Comunidad de Madrid.                                                                                                    | 55        |
| <b>Murcia</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>55</b> |
| Ley 10/2006, de 21 de diciembre, de Energías Renovables y Ahorro y Eficiencia Energética de la Región de Murcia.                                                                                                                                                                                          | 55        |
| <b>Navarra</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>55</b> |
| Orden Foral 199/2013, de 30 de mayo, de la Consejera de Economía, Hacienda, Industria y Empleo, por la que se modifica el Registro de certificados de eficiencia energética de edificios                                                                                                                  | 55        |
| <b>País Vasco</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>55</b> |
| Decreto 226/2014, de 9 de diciembre, de certificación de la eficiencia energética de los edificios                                                                                                                                                                                                        | 55        |
| <b>Comunidad Valenciana</b>                                                                                                                                                                                                                                                                               | <b>55</b> |
| Decreto 39/2015, de 2 de abril, del Consell, por el que se regula la certificación de la eficiencia energética de los edificios.                                                                                                                                                                          | 56        |
| <b>2. Unidades constructivas. Edificios afectados.</b>                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>56</b> |
| <b>3. Obligaciones de encargo de promotores y propietarios a encargar a los técnicos</b>                                                                                                                                                                                                                  |           |

|                                                                                                                                                                                                                                          |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>competentes la certificación energética y a conservar la documentación.</b>                                                                                                                                                           | <b>57</b> |
| a. Certificaciones de edificios y partes de edificios.                                                                                                                                                                                   | 57        |
| b. Certificaciones de viviendas unifamiliares.                                                                                                                                                                                           | 58        |
| <b>4. Procedimiento de certificación.</b>                                                                                                                                                                                                | <b>58</b> |
| a. El proceso de certificación.                                                                                                                                                                                                          | 58        |
| b. Técnico competente.                                                                                                                                                                                                                   | 59        |
| c. Contenido del certificado de eficiencia energética.                                                                                                                                                                                   | 59        |
| d. Certificación de edificios de nueva construcción.                                                                                                                                                                                     | 59        |
| e. Certificación de edificios existentes.                                                                                                                                                                                                | 59        |
| f. Validez, renovación y actualización del certificado.                                                                                                                                                                                  | 60        |
| g. Control e inspección de los certificados.                                                                                                                                                                                             | 60        |
| <b>5. La etiqueta energética. La etiqueta de eficiencia energética y el certificado.</b>                                                                                                                                                 | <b>60</b> |
| <b>TALLER DE TRABAJO</b>                                                                                                                                                                                                                 | <b>62</b> |
| <b>Infracciones en materia de certificación de la eficiencia energética de los edificios y determinar las sanciones y su graduación.</b>                                                                                                 | <b>62</b> |
| • Disposición adicional duodécima Infracciones en materia de certificación de la eficiencia energética de los edificios. Real Decreto Legislativo 7/2015, de 30 de octubre.                                                              | 62        |
| <b>TALLER DE TRABAJO</b>                                                                                                                                                                                                                 | <b>65</b> |
| <b>Sentencia sancionando errores en la emisión de un certificado de eficiencia energética.</b>                                                                                                                                           | <b>65</b> |
| <b>1. Condena a un profesional por un error en la realización de una certificación energética.</b>                                                                                                                                       | <b>65</b> |
| a. Falsear la información en la expedición o registro de certificados de eficiencia energética                                                                                                                                           | 65        |
| b. Error involuntario del técnico.                                                                                                                                                                                                       | 66        |
| c. Un error en la transcripción numérica en el certificado energético                                                                                                                                                                    | 66        |
| <b>2. El certificado energético es un derecho del consumidor.</b>                                                                                                                                                                        | <b>66</b> |
| <b>3. Caso práctico por demanda de una Comunidad de vecinos y sentencia condenando al técnico certificador.</b>                                                                                                                          | <b>66</b> |
| <b>TALLER DE TRABAJO</b>                                                                                                                                                                                                                 | <b>81</b> |
| <b>Ayudas a la eficiencia energética en el Plan de vivienda 2018-2021. Real Decreto 106/2018, de 9 de marzo, por el que se regula el Plan Estatal de Vivienda 2018-2021.</b>                                                             | <b>81</b> |
| <b>1. Mejora de la eficiencia energética y la implantación de la accesibilidad universal</b>                                                                                                                                             | <b>81</b> |
| <b>2. Las ayudas a la rehabilitación en el Programa de fomento de la mejora de la eficiencia energética y sostenibilidad en viviendas</b>                                                                                                | <b>81</b> |
| Requisitos.                                                                                                                                                                                                                              | 83        |
| Las viviendas unifamiliares aisladas o agrupadas en fila                                                                                                                                                                                 | 83        |
| Los edificios de viviendas de tipología residencial colectiva                                                                                                                                                                            | 84        |
| Actuaciones subvencionables.                                                                                                                                                                                                             | 85        |
| Mejora de la envolvente térmica de la vivienda                                                                                                                                                                                           | 85        |
| La instalación de sistemas de calefacción, refrigeración, producción de agua caliente sanitaria y ventilación para el acondicionamiento térmico                                                                                          | 86        |
| La instalación de equipos de generación o que permitan la utilización de energías renovables como la energía solar fotovoltaica, biomasa o geotermia que reduzcan el consumo de energía convencional térmica o eléctrica de la vivienda. | 86        |
| Las que mejoren el cumplimiento de los parámetros establecidos en el Documento Básico del Código Técnico de la Edificación DB-HR, protección contra el ruido.                                                                            | 86        |
| Las que mejoren el cumplimiento de los parámetros establecidos en el Documento Básico del Código Técnico de la Edificación DB-HS de salubridad                                                                                           | 86        |
| <b>Capítulo 2. Procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética</b>                                                                                                                                                |           |

## de los edificios \_\_\_\_\_ 93

1. **Procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios. Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios.** 93
  - a. Regulación del Procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios. \_\_\_\_\_ 93
  - b. Definiciones. \_\_\_\_\_ 94
    - Calificación de la eficiencia energética de un edificio o parte del mismo \_\_\_\_\_ 95
    - Certificación de eficiencia energética de proyecto \_\_\_\_\_ 95
    - Certificación de eficiencia energética del edificio terminado o de parte del mismo \_\_\_\_\_ 95
    - Certificación de eficiencia energética de edificio existente o de parte del mismo \_\_\_\_\_ 95
    - Certificado de eficiencia energética del proyecto \_\_\_\_\_ 95
    - Certificado de eficiencia energética del edificio terminado. \_\_\_\_\_ 96
    - Certificado de eficiencia energética de edificio existente \_\_\_\_\_ 96
2. **Edificios objeto del certificado energético.** \_\_\_\_\_ 97
  - a. Edificios de nueva construcción y edificios existentes. \_\_\_\_\_ 97
  - b. Edificios excluidos. Administraciones públicas. Culto religioso. \_\_\_\_\_ 97
3. **Responsabilidad del promotor (ya sea edificios nuevo o existente).** \_\_\_\_\_ 98
  - a. Inscripción en el Registro de certificados energéticos. \_\_\_\_\_ 98
  - b. Libro del edificio. \_\_\_\_\_ 99
4. **Certificaciones energéticas globales de unidades de edificios.** \_\_\_\_\_ 99
5. **Contenido del certificado de eficiencia energética. Etiqueta energética.** \_\_\_\_\_ 99
6. **Certificación de la eficiencia energética de un edificio de NUEVA CONSTRUCCIÓN.** 101
7. **Certificación de eficiencia energética de un EDIFICIO EXISTENTE.** \_\_\_\_\_ 101
8. **Control de los certificados de eficiencia energética. Inspección.** \_\_\_\_\_ 102
  - a. Inspección. \_\_\_\_\_ 102
  - b. Infracciones y sanciones. \_\_\_\_\_ 103
9. **Validez, renovación y actualización del certificado de eficiencia energética.** \_\_\_\_\_ 103

## TALLER DE TRABAJO \_\_\_\_\_ 105

- La calificación de la eficiencia energética de los edificios. \_\_\_\_\_ 105

## TALLER DE TRABAJO \_\_\_\_\_ 140

- La certificación de la eficiencia energética de los edificios \_\_\_\_\_ 140

1. **Ámbito de aplicación** \_\_\_\_\_ 140
2. **¿Qué es el Certificado de eficiencia energética del edificio?** \_\_\_\_\_ 140
3. **¿Quién puede realizar el Certificado?** \_\_\_\_\_ 140
4. **¿Quién solicita el Certificado?** \_\_\_\_\_ 140
5. **¿Qué plazo de validez tiene, cómo se renueva y actualiza el Certificado?** \_\_\_\_\_ 140
6. **¿Cómo se utiliza la Etiqueta de eficiencia energética?** \_\_\_\_\_ 140
7. **El Registro Autonómico de las certificaciones de eficiencia energética.** \_\_\_\_\_ 140
8. **Infracciones y sanciones.** \_\_\_\_\_ 140

## TALLER DE TRABAJO \_\_\_\_\_ 148

- Modelo de certificado de eficiencia energética de edificios.** \_\_\_\_\_ 148

- Descripción de las características energéticas del edificio. \_\_\_\_\_ 148
- Superficie \_\_\_\_\_ 148
  - Envoltente térmica \_\_\_\_\_ 148
  - Instalaciones térmicas \_\_\_\_\_ 148
  - Instalaciones de iluminación \_\_\_\_\_ 148

|                                                                                                                                         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| ➤ Condiciones de funcionamiento y ocupación                                                                                             | 148        |
| ➤ Energías renovables.                                                                                                                  | 148        |
| Calificación energética del edificio en emisiones.                                                                                      | 148        |
| Calificación energética del edificio en consumo de energía primaria no renovable.                                                       | 148        |
| Calificación parcial de la demanda energética de calefacción y refrigeración.                                                           | 148        |
| Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.                                                                             | 148        |
| Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.                                                          | 148        |
| Emisiones CO2 por consumo eléctrico Emisiones CO2 por combustibles fósiles                                                              | 148        |
| <b>TALLER DE TRABAJO</b>                                                                                                                | <b>155</b> |
| Modelo de etiqueta de Proyecto                                                                                                          | 155        |
| <b>TALLER DE TRABAJO</b>                                                                                                                | <b>157</b> |
| Modelo de etiqueta de Edificio Terminado.                                                                                               | 157        |
| <b>TALLER DE TRABAJO</b>                                                                                                                | <b>159</b> |
| Etiqueta de eficiencia energética                                                                                                       | 159        |
| 1. La etiqueta energética OBLIGATORIA para oferta, promoción y publicidad por venta o arrendamiento del edificio o unidad del edificio. | 159        |
| 2. Obligación de exhibir la etiqueta de eficiencia energética en edificios.                                                             | 159        |
| 3. Información sobre el certificado de eficiencia energética.                                                                           | 160        |
| <b>TALLER DE TRABAJO</b>                                                                                                                | <b>161</b> |
| Certificado de eficiencia energética en el arrendamiento de viviendas y locales.                                                        | 161        |
| 1. Inmuebles obligados a tener certificado de eficiencia energética para arrendar                                                       | 161        |
| 2. Inmuebles obligados a tener certificado de eficiencia energética para arrendar                                                       | 161        |
| 3. Anuncios y referencias al certificado de eficiencia energética. Etiquetas.                                                           | 162        |
| 4. Registros autonómicos de certificados de eficiencia energética.                                                                      | 162        |
| 5. Modelo de certificado de eficiencia energética.                                                                                      | 162        |
| 6. Modelo de informe de medidas de mejora energética.                                                                                   | 170        |
| <b>TALLER DE TRABAJO</b>                                                                                                                | <b>174</b> |
| Modelo de Certificado de Eficiencia Energética.                                                                                         | 174        |
| Anexo I. Descripción de las características energéticas del edificio.                                                                   | 174        |
| Anexo II. Calificación energética del edificio.                                                                                         | 174        |
| Anexo III. Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.                                                                  | 174        |
| Anexo IV. Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.                                                | 174        |
| <b>TALLER DE TRABAJO</b>                                                                                                                | <b>181</b> |
| Modelo de Certificado de eficiencia energética de edificios existentes.                                                                 | 181        |
| Identificación del edificio o de la parte que se certifica                                                                              | 181        |
| Datos del técnico certificador:                                                                                                         | 181        |
| Calificación energética obtenida:                                                                                                       | 181        |
| Calificación energética global                                                                                                          | 181        |
| Emisiones de dióxido de carbono                                                                                                         | 181        |
| Descripción de las características energéticas del edificio                                                                             | 181        |
| Superficie, imagen y situación                                                                                                          | 181        |
| Envoltente térmica                                                                                                                      | 181        |
| Instalaciones térmicas                                                                                                                  | 181        |
| Generadores de calefacción                                                                                                              | 181        |
| Generadores de refrigeración                                                                                                            | 181        |
| Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria                                                                                                | 181        |

|                                                                                   |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Sistemas secundarios de calefacción y/o refrigeración (sólo edificios terciarios) | 181 |
| Enfriamiento gratuito                                                             | 181 |
| Enfriamiento evaporativo                                                          | 182 |
| Recuperación de energía                                                           | 182 |
| Ventilación y bombeo (sólo edificios terciarios)                                  | 182 |
| Instalación de iluminación (sólo edificios terciarios)                            | 182 |
| Condiciones de funcionamiento y ocupación (sólo edificios terciarios)             | 182 |
| Emisiones globales [kgCO                                                          | 182 |
| Emisiones calefacción Emisiones refrigeración                                     | 182 |
| Emisiones ACS                                                                     | 182 |
| Emisiones iluminación [kgCO                                                       | 182 |
| Calificación parcial de la demanda energética de calefacción y refrigeración      | 182 |
| Demanda de calefacción                                                            | 182 |
| Demanda de refrigeración                                                          | 182 |
| Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética                        | 182 |
| Emisiones de dióxido de carbono                                                   | 182 |
| Demanda de refrigeración                                                          | 182 |
| Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico                  | 182 |
| Certificador                                                                      | 182 |

## **TALLER DE TRABAJO 189**

### **Condiciones técnicas de los procedimientos para la evaluación de la eficiencia energética de los edificios. 189**

|                                                                         |     |
|-------------------------------------------------------------------------|-----|
| Características generales de los procedimientos de cálculo              | 189 |
| Precisión de los procedimientos de cálculo.                             | 189 |
| Tipos de datos.                                                         | 189 |
| Solicitaciones exteriores de cálculo                                    | 189 |
| Solicitaciones interiores de cálculo y condiciones operacionales        | 189 |
| Condiciones de contorno en las superficies interiores y exteriores      | 189 |
| Transmisión y radiación en cerramientos opacos y el terreno             | 189 |
| Transmisión y radiación en huecos.                                      | 189 |
| Renovación de aire.                                                     | 189 |
| Equipos.                                                                | 189 |
| Coeficientes de paso                                                    | 189 |
| Definición del edificio de referencia a partir del edificio objeto.     | 189 |
| Soluciones constructivas y otros parámetros del edificio de referencia. | 189 |

## **TALLER DE TRABAJO 209**

### **Procedimiento para el reconocimiento conjunto por los Ministerios de Industria, Energía y Turismo y de Fomento de los documentos reconocidos de certificación energética de edificios 209**

## **TALLER DE TRABAJO 231**

### **Certificación de edificios existentes CE3. Los tres procedimientos (CE3 Viviendas, CE3 PMT y CE3 GT) 231**

|                                                                                                   |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Medidas de mejora                                                                                 | 231 |
| · Bases de datos de valores orientativos que se cargan por defecto                                | 231 |
| · Aumento del nivel de aislamiento en muros de fachada                                            | 231 |
| · Aumento del nivel de aislamiento en cubiertas · Aumento del nivel de aislamiento en suelos      | 231 |
| · Modificación de huecos en fachada                                                               | 231 |
| · Instalación de protecciones solares                                                             | 231 |
| · Modificación del caudal de aire exterior/infiltración                                           | 231 |
| Medidas activas de ahorro energético para los sistemas de climatización y agua caliente sanitaria | 231 |
| · Sustitución de la caldera por otra de mejor rendimiento                                         | 231 |
| · Sustitución de equipos autónomos por otros de mejor rendimiento                                 | 231 |

|                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------|-----|
| · Sustitución de plantas enfriadoras por otras de mejor rendimiento | 231 |
| · Fraccionamiento de potencia                                       | 231 |
| · Incorporación de evaporación a condensadores de aire              | 231 |
| · Mejora del aislamiento de las redes hidráulicas                   | 232 |
| · Enfriamiento gratuito                                             | 232 |
| · Recuperación de energía del aire de extracción                    | 232 |
| · Enfriamiento evaporativo del aire de ventilación                  | 232 |
| · Mejora del factor de transporte                                   | 232 |
| · Empleo de la producción térmica solar                             | 232 |

## **TALLER DE TRABAJO** 341

### **Ejemplo de certificación energética de edificio completo de viviendas con CE3X.** 341

#### **1. Descripción del edificio** 341

#### **2. Introducción de datos administrativos y generales** 341

#### **3. Introducción de la envolvente térmica** 342

Fachadas 342

Medianera 342

Cubierta 342

Partición interior vertical 343

Partición interior horizontal 343

Huecos 343

#### **1. Introducción de las instalaciones** 345

#### **2. Cálculo de la calificación y análisis de datos obtenidos** 346

#### **3. Propuesta de medidas de mejora** 347

a. Mejora del aislamiento térmico de muros de fachadas 347

b. Mejora de los huecos 347

c. Mejora de la transmitancia térmica de la cubierta 348

d. Mejora de las instalaciones térmicas 349

#### **4. Mejora de la calificación energética final** 351

#### **8. Viabilidad económica de las mejoras propuestas. El cálculo del VAN.** 351

## **TALLER DE TRABAJO** 352

### **Ejemplo de consumos en edificio diseñado según criterios de eficiencia energética y aprovechamiento de energía renovable.** 352

#### **1. Descripción del edificio y detalles de operación de instalaciones energéticas** 353

#### **2. Resultados de operación y uso energético del edificio.** 355

#### **5. Evaluación económica y ambiental de uso respecto a la inversión.** 358

## **TALLER DE TRABAJO** 361

### **Justificación de la certificación energética de edificio terminado.** 361

Memoria general 361

Objeto 361

Descripción de la edificación 361

Normativa de aplicación y consulta 361

Análisis del edificio 361

Método de certificación energética de proyecto 361

Ámbito de aplicación 361

Descripción de los cerramientos 361

Descripción de las instalaciones 361

Calefacción y ACS 361

Climatización 361

Captación solar térmica 361

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| Ficha justificativa.                 | 361 |
| Etiqueta de certificación energética | 361 |

## Capítulo 3. El Código técnico de la edificación (CTE) y el Certificado de Eficiencia Energética. 379

|                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------|-----|
| HE 1: Limitación de la demanda energética                       | 380 |
| HE 2: Rendimiento de las instalaciones térmicas                 | 380 |
| HE 3: Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación | 380 |
| HE 4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria      | 380 |
| HE5: Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica.     | 381 |

## TALLER DE TRABAJO 383

|                                                                                                                                                        |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Código Técnico de la Edificación (CTE). Modificaciones conforme a la Ley 8/2013, de 26 de junio, de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas. | 383 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

## TALLER DE TRABAJO 411

|                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ¿Por qué era necesaria una actualización del Documento Básico DB HE?               | 411 |
| Objetivos del nuevo Documento Básico HE.                                           | 411 |
| Aplicación a edificios de nueva construcción y ampliación de edificios existentes. | 411 |
| Limitación de descompensaciones térmicas en el interior de los edificios.          | 411 |

## TALLER DE TRABAJO 430

|                                                                                                                                                                                                            |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Actualización del documento básico DB HE ahorro de energía del código técnico de la edificación                                                                                                            | 430 |
| Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre, por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE "Ahorro de Energía", del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. | 430 |
| La actualización del Documento Básico de Ahorro de energía, DB-HE                                                                                                                                          | 430 |

## TALLER DE TRABAJO 501

|                                                                                                                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Actualización del documento básico de ahorro de energía DB-HE del código técnico de la edificación para adaptarlo a la Directiva Europea 2010/31/UE           | 501 |
| 1. Nueva actualización del Documento Básico de Ahorro de energía DB-HE del Código Técnico de la Edificación para adaptarlo a la directiva europea 2010/31/UE. | 501 |
| 2. Necesidad y oportunidad de su aprobación                                                                                                                   | 502 |
| 3. Objetivos de la norma                                                                                                                                      | 502 |
| 4. Modificación de los documentos básicos DB-HE "Ahorro de Energía" y DB-HS "Salubridad" del CTE.                                                             | 503 |

## TALLER DE TRABAJO 540

|                                                                         |     |
|-------------------------------------------------------------------------|-----|
| Proceso de edificación sostenible de un edificio industrial.            | 540 |
| 1. Aspectos generales.                                                  | 540 |
| a. Climatología de la zona, aspectos relativos al entorno, zona de uso. | 540 |
| b. Estudio del consumo de energía.                                      | 540 |
| c. Estudio de aguas pluviales.                                          | 541 |
| d. Calidad del ambiente interior (ruido, humedad y luminosidad).        | 541 |
| 2. Aspectos concretos de la nave.                                       | 542 |
| a. Distribución de superficies.                                         | 542 |
| b. Zonas ajardinadas.                                                   | 543 |
| c. Climatización en base al consumo energético.                         | 543 |
| d. Análisis de la demanda energética (C.T.E. H.E.1) Y LIDER             | 544 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| e. Necesidades térmicas (R.I.T.E) y agua caliente sanitaria (C.T.E. H.E.4)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 544        |
| f. Iluminación (CTE HE 3)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 545        |
| g. Diseño de sistemas de calefacción y refrigeración (CALENER G.T.) RITE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 545        |
| h. Sistemas de generación energética renovables.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 546        |
| i. Emisiones de energía primaria, final y CO2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 546        |
| <b>3. Declaraciones Ambientales de Productos de la Construcción (DAPc)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>546</b> |
| Cubierta plana con forjado colaborante y zona ajardinada                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 547        |
| Aislante lana de roca                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 548        |
| Aislante EPS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 548        |
| <b>4. Calidad del ambiente interior</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>550</b> |
| a. Calidad acústica                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 550        |
| b. Calidad térmica e higroscópica.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 551        |
| c. Calidad lumínica                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 551        |
| <b>5. Análisis eficiencia coste</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>551</b> |
| <b>6. Conclusiones de eficiencia energética</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>551</b> |
| a. Aislamientos térmicos ajustados a los valores límite del Código Técnico H.E. 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 551        |
| b. Sistema de iluminación eficiente, superando el VEEI exigido por el Código Técnico C.T.E. H.E. 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 552        |
| c. Sistema de calefacción.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 552        |
| d. Refrigeración con planta enfriadora de agua con compresor eléctrico y recuperador de calor.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 552        |
| e. Sistema de agua caliente sanitaria mediante placas termosolares.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 552        |
| <b>TALLER DE TRABAJO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>554</b> |
| <b>Ahorro energético de Centros comerciales.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <b>554</b> |
| 1. Un menor consumo energético implica unos menores costes.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 554        |
| 2. El contrato de servicios energéticos.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 554        |
| 3. Ventajas que supone el contrato de servicios energéticos.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 554        |
| 4. Ventajas de los intercambiadores de calor y techos radiantes refrigerantes en los comercios.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 555        |
| <b>TALLER DE TRABAJO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>556</b> |
| <b>Caso práctico. Pliego de prescripciones técnicas para la contratación de la certificación energética y proyectos de eficiencia energética y generación renovable en edificios municipales.</b>                                                                                                                                                                                                                                                               | <b>556</b> |
| 1. Objeto                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 556        |
| 2. Alcance del trabajo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 556        |
| Análisis térmico de la envolvente mediante                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 556        |
| Termografías, según normas EN 13187:1998, UNE-EN ISO 10211:2012, de la envolvente térmica completa incluyendo todos los cierres con espacios no calefactados.                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 556        |
| Ensayos in situ de transmitancias, según norma ISO 9869:2014, de todos los cerramientos tipo (al menos un ensayo de un punto significativo por cada cerramiento tipo, incluyendo fachadas, cubiertas, forjados sobre espacio exterior o no calefactado, soleras, etc.)                                                                                                                                                                                          | 556        |
| Elaboración del certificado energético del edificio existente, tramitación para su registro y obtención de la etiqueta con la calificación.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 557        |
| 3. Propuestas de mejoras energéticas y de incorporación de energías renovables.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 557        |
| Modelización energética del edificio en su estado actual y del edificio incorporando todas propuestas, en varias combinaciones.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 557        |
| ➤ Modelización y simulación detallada y completa (geometría, usos, envolvente, instalaciones, iluminación...) de los edificios existentes, en su estado actual e incorporando las propuestas mediante el motor de cálculo Energy-Plus y a través de la interface Design Builder versión V4 o superior, haciendo entrega de los archivos editables que permitan tanto el seguimiento futuro del edificio y sus reformas como la validación de dichas propuestas. | 557        |
| ➤ Todas las modelizaciones deberán incluir la definición detallada de las instalaciones mediante                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |            |

el módulo HVAC de la herramienta. \_\_\_\_\_ 557

#### 4. Elaboración de proyectos de eficiencia energética e incorporación de energías renovables. \_\_\_\_\_ 557

Las certificaciones se realizarán mediante las versiones actualizadas de los programas informáticos reconocidos en cada momento por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo, simulándose el comportamiento energético del edificio durante todo el año, en unas condiciones de uso determinadas, considerando aquellos factores que más influyen en el consumo como las condiciones meteorológicas, la envolvente del edificio y su orientación, las características de las instalaciones de calefacción, ACS y refrigeración, las contribuciones energéticas, los equipos de iluminación y aire primario, ventiladores, equipos de bombeo, torres de refrigeración y resto de elementos relevantes en el consumo que puedan introducirse en las herramientas. \_\_\_\_\_ 557

1. Procedimiento general para la certificación energética de edificios: Herramienta Unificada LIDER-CALENER (HULC) \_\_\_\_\_ 557

2. CALENER GT \_\_\_\_\_ 557

### Capítulo 4. Real Decreto 238/2013, de 5 de abril, por el que se modifican determinados artículos e instrucciones técnicas del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, aprobado por Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio. \_\_\_\_\_ 571

Antecedentes. La reforma europea de Instalaciones Térmicas en los Edificios \_\_\_\_\_ 571

1. Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010. \_\_\_\_\_ 571

2. Real Decreto 238/2013, de 5 de abril, por el que se modifican determinados artículos e instrucciones técnicas del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios RITE, aprobado por Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio. \_\_\_\_\_ 571

3. Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. Real Decreto 1027/2007 reformado por Real Decreto 238/2013, de 5 de abril. \_\_\_\_\_ 573

#### TALLER DE TRABAJO \_\_\_\_\_ 576

Las claves del Reglamento de instalaciones térmicas en edificios (R.I.T.E). \_\_\_\_\_ 576

1. Manual de uso y mantenimiento de la instalación \_\_\_\_\_ 578

2. Justificación por el proyectista de la decisión energética o de climatización elegida. \_\_\_\_\_ 579

3. Integración de la energía solar térmica. \_\_\_\_\_ 580

4. Comprobaciones finales y pruebas de puesta en servicio previa al certificado. \_\_\_\_\_ 580

5. Auditorias, mantenimiento y uso de las instalaciones. \_\_\_\_\_ 581

6. Inspección periódica de eficiencia energética. \_\_\_\_\_ 581

7. Cualificación técnica de los instaladores. Carné de instalaciones térmicas. "Montaje "Montaje y Mantenimiento de Instalaciones de Frío, Climatización y Producción de Calor". \_\_\_\_\_ 583

8. Actualización quinquenal del Reglamento. \_\_\_\_\_ 583

#### TALLER DE TRABAJO \_\_\_\_\_ 586

Las medidas de generación energética y la adaptación al Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificación. Ejemplo de adaptación en Hospital. \_\_\_\_\_ 586

#### TALLER DE TRABAJO \_\_\_\_\_ 589

Sistema de climatización (calefacción y aire acondicionado) conforme al Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE). Ejemplo de centro comercial. \_\_\_\_\_ 589

#### TALLER DE TRABAJO \_\_\_\_\_ 621

Ejemplo de certificación energética para bloque de viviendas. \_\_\_\_\_ 621

## TALLER DE TRABAJO 629

Real Decreto 736/2020 por el que se regula la instalación de contadores individuales en los edificios con sistemas de calefacción y refrigeración central. 629

1. Procedimiento para determinar la obligatoriedad 630

2. Plazos de instalación 630

3. Consideraciones para instalar repartidores de costes de calefacción 631

4. Caso práctico. Técnico. Modo de individualizar el consumo de calefacción central 631

¿Para qué sirve el repartidor de costes? 631

Procedimiento 631

La válvula termostática y el detentor. 631

Operativa de Liquidación 631

Operativa de Liquidación en caso de no instalar repartidores de costes. 631

## CHECK-LIST 639

### Normativa sobre eficiencia energética y calidad de aire 639

Directiva Europea de Eficiencia Energética de los edificios 639

CTE: Código Técnico de la Edificación 639

• Documento básico HE: Requisito básico de ahorro de energía 639

• Exigencia básica HE1: Limitación de la demanda energética 639

• Exigencia básica HE2: Rendimiento de las instalaciones térmicas 639

• Exigencia básica HE3: Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación 639

• Exigencia básica HE4: Contribución solar mínima del agua caliente sanitaria 639

• Exigencia básica HE5: Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica 639

RITE: Reglamento de Instalaciones Térmicas en los edificios 640

• Condiciones generales de diseño, ejecución, puesta en servicio, uso y mantenimiento de las instalaciones térmicas 640

• Instrucción técnica IT.1: Diseño y dimensionado 640

• Exigencia de eficiencia energética 640

• Exigencia de seguridad 640

• Instrucción Técnica IT-2: Montaje 640

• Instrucción Técnica IT-3: Mantenimiento y uso 640

• Documentos reconocidos del RITE 640

## PARTE SEGUNDA 641

Auditoría energética 641

### Capítulo 5. Auditoría energética. 641

1. ¿Qué es la auditoría energética? 641

El Real Decreto 56/2016, por el que se transpone la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo 641

2. Ventajas de la Auditoría Energética 642

3. El Auditor Energético 643

4. Pruebas que realiza la auditoría energética. 643

5. Cálculo de la rentabilidad económica. 644

## TALLER DE TRABAJO 648

Real Decreto 56/2016, de 12 de febrero, por el que se transpone la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, en lo referente a auditorías energéticas, acreditación de proveedores de servicios y auditores energéticos y promoción de la eficiencia del suministro de energía. 648

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 1. Normativa europea de auditorías energéticas, sistemas de acreditación para proveedores de servicios energéticos y auditores energéticos y la promoción de la eficiencia energética en los procesos de producción y uso del calor y del frío.                                                                                                                            | 648        |
| 2. Las auditorías energéticas en el Real Decreto 56/2016, de 12 de febrero.                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 649        |
| a. Ámbito de aplicación de las auditorías energéticas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 651        |
| b. Opción de auditoría energética o sistema de gestión energética o ambiental.                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 651        |
| 3. Directrices de las auditorías energéticas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 652        |
| 4. Auditores energéticos.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 653        |
| a. Requisitos para el ejercicio de la actividad profesional de proveedor de servicios energéticos.                                                                                                                                                                                                                                                                         | 653        |
| b. Requisitos para el ejercicio de la actividad profesional de auditor energético.                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 655        |
| c. Habilitación y declaración responsable relativa al cumplimiento de los requisitos de proveedor de servicios energéticos.                                                                                                                                                                                                                                                | 656        |
| 5. Inspección de la realización de las auditorías energéticas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 656        |
| 6. Registro Administrativo de Auditorías Energéticas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 657        |
| <b>TALLER DE TRABAJO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>658</b> |
| Auditorías energéticas obligatorias                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 658        |
| 1. Precio                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 659        |
| 2. Las empresas obligadas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 659        |
| 3. ¿Auditores energéticos internos o externos?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 659        |
| <b>TALLER DE TRABAJO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>660</b> |
| Claves del Real Decreto 56/2016, de 12 de febrero, por el que se transpone la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, en lo referente a auditorías energéticas, acreditación de proveedores de servicios y auditores energéticos y promoción de la eficiencia del suministro de energía. | 660        |
| 1. Directrices de las auditorías energéticas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 664        |
| 2. Auditores energéticos.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 665        |
| 3. Inspección de la realización de las auditorías energéticas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 665        |
| <b>TALLER DE TRABAJO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>667</b> |
| Las claves de la auditoría energética.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 667        |
| ¿Qué tipo de empresas están obligadas a someterse a una auditoría energética?                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 667        |
| La auditoría energética con un sistema de gestión energética o ambiental-                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 667        |
| Plazos para realizar las auditorías energéticas obligatorias.                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 667        |
| La auditoría energética de las instalaciones o edificios en régimen de alquiler.                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 667        |
| ¿Quién puede realizar auditorías energéticas?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 667        |
| ¿Qué es un Proveedor de Servicios Energéticos (PSE)?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 667        |
| ¿Cuál debe ser el alcance de la auditoría energética?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 667        |
| La norma ISO 50002:2014 Auditorías Energéticas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 668        |
| ¿Quién y cómo se controla el cumplimiento de la obligación de auditar?                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 668        |
| ¿Deben registrarse las auditorías energéticas?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 668        |
| ¿Cuáles son las consecuencias del incumplimiento o del cumplimiento incorrecto de la auditoría?                                                                                                                                                                                                                                                                            | 668        |
| <b>TALLER DE TRABAJO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>680</b> |

|                                                                                                                                                                                    |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Criterios mínimos a cumplir por las auditorías energéticas. _____                                                                                                                  | 680        |
| <b>TALLER DE TRABAJO _____</b>                                                                                                                                                     | <b>687</b> |
| <b>ISO 52000 para la eficiencia energética en la construcción. PNE-EN ISO 52000-1</b>                                                                                              |            |
| <b>Eficiencia energética de los edificios. Evaluación global de la eficiencia energética de los edificios. _____</b>                                                               | <b>687</b> |
| <b>1. Métodos de cálculo para calefacción y refrigeración, rendimiento de elementos de construcción, indicadores de rendimiento energético, calificaciones y certificados. 687</b> |            |
| ISO 52000 contiene un método integral para evaluar el rendimiento energético _____                                                                                                 | 687        |
| ¿Qué es la ISO 52000? _____                                                                                                                                                        | 688        |
| <b>2. Ventajas de la ISO 52000-1, Rendimiento energético de los edificios - Evaluación general de EPB _____</b>                                                                    | <b>689</b> |
| <b>TALLER DE TRABAJO _____</b>                                                                                                                                                     | <b>690</b> |
| La norma ISO 50002:2014 Auditorías Energéticas. _____                                                                                                                              | 690        |
| <b>TALLER DE TRABAJO _____</b>                                                                                                                                                     | <b>692</b> |
| La ISO 50001. Sistemas de Gestión de la Energía. Auditoría del sistema de gestión de la energía. _____                                                                             | 692        |
| Fase I: Auditoría inicial. _____                                                                                                                                                   | 693        |
| Fase II: Auditoría de certificación. _____                                                                                                                                         | 693        |
| Re-certificación a los tres años. _____                                                                                                                                            | 693        |
| Ventajas de la certificación _____                                                                                                                                                 | 693        |
| Compromiso de la organización con el medioambiente y el uso y consumo eficiente de la energía ante clientes, inversores y comunidad. _____                                         | 693        |
| Mejora de imagen corporativa. _____                                                                                                                                                | 693        |
| Identifica puntos críticos del desempeño energético de la organización objetivos y planes de acción mejor dirigidos _____                                                          | 693        |
| Optimiza el uso de la energía, aumentando la eficiencia y reduciendo el consumo de los recursos. _____                                                                             | 693        |
| Ahorro económico. _____                                                                                                                                                            | 693        |
| <b>TALLER DE TRABAJO _____</b>                                                                                                                                                     | <b>703</b> |
| <b>Norma ISO 50001. Caso práctico de aplicación de Norma ISO 50001 en un hotel. _</b>                                                                                              | <b>703</b> |
| <b>1. ¿Qué es la ISO 50001? _____</b>                                                                                                                                              | <b>703</b> |
| <b>2. ¿Para qué sirve la certificación ISO 50001? _____</b>                                                                                                                        | <b>703</b> |
| <b>3. Documentación del proceso de implantación. _____</b>                                                                                                                         | <b>704</b> |
| <b>4. Caso práctico de aplicación de Norma ISO 50001 en un hotel. _____</b>                                                                                                        | <b>704</b> |
| <b>TALLER DE TRABAJO _____</b>                                                                                                                                                     | <b>741</b> |
| <b>Iniciativas de eficiencia energética de un centro comercial. _____</b>                                                                                                          | <b>741</b> |
| Plan de gestión de la demanda. _____                                                                                                                                               | 742        |
| Sistemas "inteligentes" de gestión de la energía. _____                                                                                                                            | 742        |
| Plan de reducción y gestión de la huella de carbono. _____                                                                                                                         | 742        |
| Integrar elementos de producción eléctrica. _____                                                                                                                                  | 742        |
| Sistemas de gestión ambiental y certificaciones de eficiencia energética. _____                                                                                                    | 742        |
| Iluminar de manera diferenciada por zonas y por horarios. _____                                                                                                                    | 742        |
| Calderas de alto rendimiento. _____                                                                                                                                                | 742        |
| Sistemas de aire acondicionado de alta eficiencia. _____                                                                                                                           | 742        |
| Sistemas de ventilación que reduzcan las pérdidas de energía al mínimo. _____                                                                                                      | 742        |
| Bomba de calor para todas las necesidades de climatización. _____                                                                                                                  | 742        |
| Sistemas de recuperación de la energía. _____                                                                                                                                      | 742        |
| Cogeneración y trigeneración. _____                                                                                                                                                | 742        |

|                                                                                                                   |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Mejorar la eficiencia del sistema de distribución de calor y frío. _____                                          | 742        |
| Modificar las unidades terminales de climatización. _____                                                         | 742        |
| Control de la climatización. _____                                                                                | 742        |
| Climatización diferenciada por zonas. _____                                                                       | 742        |
| Mejorar las condiciones térmicas de los cerramientos. _____                                                       | 742        |
| Mejorar las condiciones térmicas de los huecos (puertas y ventanas). _____                                        | 742        |
| Instalar puertas giratorias y cortinas de aire. _____                                                             | 742        |
| <b>TALLER DE TRABAJO _____</b>                                                                                    | <b>875</b> |
| Esquemas. Criterios de elaboración de la auditoria energética. _____                                              | 875        |
| Resultado de la auditoria conforme al RD 56/2016 _____                                                            | 875        |
| Modelo de comunicación relativo a la realización de una auditoría energética _____                                | 875        |
| La certificación ISO 50001 _____                                                                                  | 875        |
| <b>Capítulo 6. Auditorias energéticas en edificios. _____</b>                                                     | <b>885</b> |
| 1. La auditoría energética del edificio. _____                                                                    | 885        |
| 2. Clases de auditorías energéticas de edificios. _____                                                           | 885        |
| Diagnóstico energético _____                                                                                      | 886        |
| Auditoria Energética _____                                                                                        | 886        |
| Auditoria Energética especial o en profundidad _____                                                              | 886        |
| Auditoria Energética dinámica y continua _____                                                                    | 886        |
| 3. Finalidad de la auditoría energética del edificio. _____                                                       | 886        |
| 4. El auditor de la energía del edificio. _____                                                                   | 886        |
| <b>TALLER DE TRABAJO _____</b>                                                                                    | <b>888</b> |
| La Auditoria Energética. _____                                                                                    | 888        |
| -Proceso _____                                                                                                    | 888        |
| ¿Cuándo debemos pensar en realizar una auditoría energética? _____                                                | 888        |
| ¿Qué se analiza en una auditoría energética? _____                                                                | 889        |
| ¿Sabremos cuanto se puede ahorrar con la auditoría energética? _____                                              | 889        |
| ¿Se debe recomendar el uso de energías renovables en la auditoría energética? _____                               | 889        |
| ¿Existen beneficios o subvenciones para auditoría energética? _____                                               | 889        |
| ¿Dónde se puede hacer una auditoría energética? _____                                                             | 889        |
| <b>TALLER DE TRABAJO _____</b>                                                                                    | <b>891</b> |
| Auditoría y Certificación de Sistemas de Eficiencia energética de edificios. _____                                | 891        |
| <b>TALLER DE TRABAJO _____</b>                                                                                    | <b>894</b> |
| Metodología en la Auditoría Energética. Las 5 fases del proceso de elaboración de una Auditoría Energética. _____ | 894        |
| 1. Recogida de datos y planificación de la auditoría. _____                                                       | 894        |
| Planificación de la auditoría energética _____                                                                    | 895        |
| Informe preliminar _____                                                                                          | 896        |
| 2. Medidas experimentales de factores relacionados con el balance energético del edificio. _____                  | 896        |
| Planificación del proceso de medición _____                                                                       | 897        |
| 3. Balances energéticos _____                                                                                     | 898        |
| 4. Análisis para la mejora del comportamiento energético del edificio. _____                                      | 898        |
| Análisis para la mejora energética del edificio _____                                                             | 898        |
| Análisis de viabilidad económica de las mejoras _____                                                             | 899        |
| AHORRO DE ENERGÍA = Consumo energía inicial - Consumo energía mejora propuesta                                    | 900        |
| 5. Resultados finales. _____                                                                                      | 900        |
| Edición del informe de la auditoria _____                                                                         | 900        |

**TALLER DE TRABAJO 901**

Metodología de auditoría energética. 901

1. Recogida de datos y planificación de la auditoría. 901

2. Medidas experimentales de factores relacionados con el balance energético del edificio. 903

3. Diagnóstico del balance energético del edificio. 904

5. Análisis de viabilidad económica de las mejoras. 906

6. Informe de la auditoría energética. 907

**TALLER DE TRABAJO. 908**

Propuestas del auditor energético. Soluciones operacionales y soluciones constructivas. 908

Soluciones operacionales 908

Soluciones constructivas 908

Soluciones constructivas en HF 909

Soluciones operacionales en HF 909

Cálculos referidos a la instalación 910

Descripción genérica de la instalación 911

Centralización de calefacción y ACS (OHF-3) 912

Mejora del aislamiento térmico de soleras y cubiertas (CHF-3) 912

**TALLER DE TRABAJO 914**

Norma UNE-EN 16247-2. Auditorías energéticas. Parte 2: Edificios 914

1. Normativa Gestión Energética 914

Sistema de gestión energética ISO 5001. 914

Normas UNE. 914

Norma UNE-EN 16247-1. Auditorías energéticas. Parte 1: Requisitos generales. 914

Norma UNE-EN 16247-2. Auditorías energéticas. Parte 2: Edificios. 914

Norma UNE-EN 16247-3. Auditorías energéticas. Parte 3: Procesos. 914

Norma UNE-EN 16247-4. Auditorías energéticas. Parte 4: Transporte. 914

Norma UNE-EN 16247-5:2015 Auditorías energéticas. Parte 5: Competencia de los auditores energéticos. 914

2. Inventario de Consumos 915

3. Índice de la UNE-EN 16247-2 916

Auditor energético 916

Proceso de auditoría energética 916

Elementos del proceso de auditoría energética 916

Revisión de los datos disponibles 916

Análisis preliminar de los datos 916

Trabajo de campo 916

Indicadores del desempeño energético 917

Oportunidades de mejora de la eficiencia energética 917

Contenido del informe 917

Diagrama de flujo del proceso de auditoría energética 917

**TALLER DE TRABAJO 921**

Formulario para el desarrollo de las Auditorías Energéticas 921

1 Instrucciones generales 921

I. DATOS GENERALES Y DE PRODUCCIÓN 923

|                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------|-----|
| 1. DATOS GENERALES                                                | 923 |
| 2. DATOS DE PRODUCCIÓN                                            | 923 |
| II. DATOS ENERGÉTICOS GENERALES                                   | 923 |
| 1. ENERGÍA ELÉCTRICA                                              | 923 |
| 2. COMBUSTIBLES                                                   | 923 |
| 3. OTRAS FUENTES DE ENERGÍA                                       | 923 |
| III. CONTABILIDAD ENERGÉTICA                                      | 923 |
| 1. CONSUMO ANUAL                                                  | 923 |
| 2. CONSUMOS ESPECÍFICOS                                           | 923 |
| IV. PROCESO                                                       | 923 |
| 1. DIAGRAMAS DE BLOQUES DEL PROCESO                               | 923 |
| 2. PROCESO                                                        | 923 |
| 3. DISTRIBUCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN EL PROCESO              | 923 |
| 4. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS                                     | 923 |
| 5. EQUIPOS                                                        | 923 |
| 6. RESUMEN DE CONSUMO DE LOS PRINCIPALES EQUIPOS                  | 923 |
| V. SERVICIOS                                                      | 923 |
| 1. ALUMBRADO                                                      | 923 |
| 2. AIRE COMPRIMIDO                                                | 923 |
| 3. CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN                                    | 923 |
| VI. MEJORAS Y RECOMENDACIONES ENERGÉTICAS                         | 923 |
| 1. MEJORAS EN PROCESO                                             | 923 |
| 2. MEJORAS EN TECNOLOGÍAS HORIZONTALES                            | 923 |
| 3. MEJORAS EN SERVICIOS                                           | 923 |
| 4. MEJORAS EN LAS CONDICIONES DE COMPRA DE LAS DISTINTAS ENERGÍAS | 923 |
| 5. RESUMEN DE MEJORAS                                             | 923 |
| 6. RECOMENDACIONES                                                | 923 |
| VII. RESUMEN Y CONCLUSIONES                                       | 923 |
| VIII. FORMULARIOS PARA LA TOMA DE DATOS                           | 923 |
| I. Datos generales y de producción                                | 924 |
| 2. Datos de producción                                            | 924 |
| II. Datos energéticos generales                                   | 925 |
| II. Datos energéticos generales                                   | 925 |
| 1. Energía eléctrica                                              | 925 |
| 2. Combustibles                                                   | 926 |
| 3. Otras fuentes de energía                                       | 927 |
| III. Contabilidad energética                                      | 927 |
| 1. Consumo anual                                                  | 927 |
| 2. Consumos específicos                                           | 928 |
| IV. Proceso                                                       | 928 |
| 1. Diagrama de bloques del proceso                                | 928 |
| 2. Proceso                                                        | 928 |
| 3. Distribución del consumo energético en el proceso              | 929 |
| 4. Descripción de los equipos                                     | 929 |
| 5. Equipos                                                        | 929 |
| IV. Proceso                                                       | 930 |
| 6. Resumen de consumo de los principales equipos                  | 930 |
| V. Servicios                                                      | 931 |
| 1. Alumbrado                                                      | 931 |
| 2. Aire comprimido                                                | 931 |
| 3. Climatización y ventilación                                    | 931 |
| VI. Mejoras y recomendaciones energéticas                         | 931 |
| 1. Mejoras en el proceso                                          | 931 |
| 2. Mejoras en tecnologías horizontales                            | 932 |
| 3. Mejoras en servicios                                           | 932 |
| 4. Mejoras en las condiciones de compra de las distintas energías | 932 |
| 5. Resumen de mejoras                                             | 932 |
| 6. Recomendaciones                                                | 932 |
| VII. Resumen y conclusiones                                       | 932 |
| VIII. Formularios para la toma de datos                           | 933 |

|                                                                                                                                                                                                                                          |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>TALLER DE TRABAJO</b>                                                                                                                                                                                                                 | <b>936</b> |
| <b>Contenidos de una auditoría energética. UNE EN 16247-2</b>                                                                                                                                                                            | <b>936</b> |
| <b>1. Descripción de una auditoría del edificio.</b>                                                                                                                                                                                     | <b>936</b> |
| Método de trabajo.                                                                                                                                                                                                                       | 936        |
| Resumen de usos de la energía del edificio y medidas de ahorro sugeridas.                                                                                                                                                                | 936        |
| Datos del edificio. Consumos de energía y agua. Operación, mantenimiento y gestión de instalaciones.                                                                                                                                     | 936        |
| Auditoría de los sistemas mecánico y eléctrico (sistemas de calefacción, sistema de agua y aguas residuales, sistemas de ventilación y aire acondicionado, sistemas de refrigeración, sistemas eléctricos, envolvente del edificio, etc. | 936        |
| Oportunidades de mejora de la eficiencia energética sugeridas.                                                                                                                                                                           | 936        |
| <b>2. Modelo de flujos de realización de una auditoría energética. UNE EN 16247-2</b>                                                                                                                                                    | <b>936</b> |
| <b>TALLER DE TRABAJO</b>                                                                                                                                                                                                                 | <b>960</b> |
| <b>Ejemplo de resultado de auditorías.</b>                                                                                                                                                                                               | <b>960</b> |
| <b>CHECK-LIST</b>                                                                                                                                                                                                                        | <b>972</b> |
| <b>Proceso de medición y verificación de medidas</b>                                                                                                                                                                                     | <b>972</b> |
| <b>1. Planificación de la toma de medidas</b>                                                                                                                                                                                            | <b>972</b> |
| • Parámetros medidos                                                                                                                                                                                                                     | 972        |
| • Parámetros calculados                                                                                                                                                                                                                  | 972        |
| • Intervalo de estudio                                                                                                                                                                                                                   | 972        |
| <b>2. Desarrollo del ensayo</b>                                                                                                                                                                                                          | <b>972</b> |
| • Solicitud de información al cliente                                                                                                                                                                                                    | 972        |
| • Selección y asignación de equipos de control                                                                                                                                                                                           | 972        |
| • Adquisición, control y preparación de datos                                                                                                                                                                                            | 972        |
| • Comprobación de la validez de datos                                                                                                                                                                                                    | 972        |
| • Análisis de datos                                                                                                                                                                                                                      | 972        |
| • Informe de ensayo                                                                                                                                                                                                                      | 972        |
| • Almacenamiento y tratamiento de datos                                                                                                                                                                                                  | 972        |
| • Medición de variables energéticas                                                                                                                                                                                                      | 972        |
| • Medidas de la calidad del aire                                                                                                                                                                                                         | 972        |
| • Medida de las condiciones interiores (temperatura operativa, humedad relativa del ambiente y velocidad del aire en interiores)                                                                                                         | 972        |
| • Medida de la intensidad luminosa                                                                                                                                                                                                       | 972        |
| • Medida de la transmitancia térmica mediante análisis temoflujométrico de muros (Medida de UM sin aporte de calor y Medida de UM con aporte de calor)                                                                                   | 973        |
| • Medida de las infiltraciones                                                                                                                                                                                                           | 973        |
| • Medida de consumo de energía eléctrica (vatímetros de bajas potencias, pinza amperimétrica, polímetro, analizador de redes, vatímetros y contadores de energía eléctrica)                                                              | 973        |
| • Equipos de medida de consumo de energía (contadores de gas, contadores de gasóleo y contadores de energía térmica).                                                                                                                    | 973        |
| • Medidas del caudal (medida del caudal en líquidos y medida del caudal de aire).                                                                                                                                                        | 973        |
| • Medida de las condiciones del flujo (medida de las condiciones del aire húmedo y medida de la temperatura).                                                                                                                            | 973        |
| • Medida de la presión (Instrumentos para la medida de presión, medida de la presión en circuitos frigoríficos, medida de la presión en ventiladores y redes de conductos y medida de presión en bombas y circuitos hidráulicos).        | 973        |
| • Medida del rendimiento de los equipos generadores de calor (componentes de los gases de combustión, análisis de la combustión, equipos para análisis de los gases de combustión y medida del rendimiento de calderas).                 | 973        |
| <b>4. Estudios termográficos</b>                                                                                                                                                                                                         | <b>973</b> |
| Aplicaciones de las cámaras termográficas                                                                                                                                                                                                | 973        |
| <b>PARTE TERCERA</b>                                                                                                                                                                                                                     | <b>974</b> |

|                                                                                                                                                        |             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Experiencia internacional en auditoría y certificación energética de edificios. _____                                                                  | 974         |
| <b>Capítulo 7. Experiencia internacional en auditoría y certificación energética de edificios. Instituciones de sostenibilidad edificatoria. _____</b> | <b>974</b>  |
| 1. US Green Building Council. USGBC: United States Green Building Council _____                                                                        | 974         |
| 2. Consejo Construcción Verde España. _____                                                                                                            | 975         |
| 3. Instituto para la diversificación y ahorro de la energía (IDAE) _____                                                                               | 978         |
| <b>TALLER DE TRABAJO _____</b>                                                                                                                         | <b>980</b>  |
| Certificación sostenible en la edificación. Certificación LEED-CS. _____                                                                               | 980         |
| 1. Certificación LEED-CS. ¿Qué significa esta calificación? _____                                                                                      | 980         |
| 2. LEED® Sistema de Clasificación de Edificios Sostenibles _____                                                                                       | 982         |
| 3. Certificación Leed en la rehabilitación y mantenimiento de edificios. _____                                                                         | 982         |
| 4. Certificación LEED en la urbanización _____                                                                                                         | 983         |
| 5. Tipología. _____                                                                                                                                    | 984         |
| a. Platino, Oro, Plata o Certificación. _____                                                                                                          | 984         |
| b. Tipología de requisitos por fases de proyecto. _____                                                                                                | 985         |
| 6. Edificación internacional con certificación LEED. _____                                                                                             | 988         |
| 7. Experiencia de la certificación LEED en España. _____                                                                                               | 990         |
| <b>TALLER DE TRABAJO _____</b>                                                                                                                         | <b>992</b>  |
| La experiencia británica en calificación energética de edificios. Procedimiento SAP. _____                                                             | 992         |
| <b>PARTE CUARTA _____</b>                                                                                                                              | <b>997</b>  |
| Tecnología de Instalaciones de Edificación. _____                                                                                                      | 997         |
| <b>Capítulo 8. Gestión energética y de instalaciones. _____</b>                                                                                        | <b>997</b>  |
| 1. Gestión energética y de instalaciones. _____                                                                                                        | 997         |
| 2. Clases de sistemas de gestión energética. _____                                                                                                     | 998         |
| a. Sistemas pasivos o tradicionales de gestión energética _____                                                                                        | 999         |
| b. Sistemas activos de gestión energética. _____                                                                                                       | 1001        |
| <b>TALLER DE TRABAJO _____</b>                                                                                                                         | <b>1004</b> |
| Esquemas de Eficiencia Energética _____                                                                                                                | 1004        |
| 1. Eficiencia Energética _____                                                                                                                         | 1004        |
| 2. Sostenibilidad _____                                                                                                                                | 1004        |
| 3. Gestión energética _____                                                                                                                            | 1006        |
| <b>TALLER DE TRABAJO _____</b>                                                                                                                         | <b>1009</b> |
| Materiales para una edificación sostenible. _____                                                                                                      | 1009        |
| <b>TALLER DE TRABAJO _____</b>                                                                                                                         | <b>1012</b> |
| La envolvente térmica en los edificios. _____                                                                                                          | 1012        |
| 1. La envolvente térmica en los edificios. _____                                                                                                       | 1012        |
| 2. Puente térmico. _____                                                                                                                               | 1013        |
| 3. Las termografías. _____                                                                                                                             | 1014        |
| 4. Análisis energético de la envolvente de un edificio. _____                                                                                          | 1014        |

## TALLER DE TRABAJO 1020

Telegestión y monitorización de instalaciones de centros comerciales. Aplicación de técnicas de inteligencia artificial y Big Data para la mejora de estándares de eficiencia de instalaciones multisite. 1020

1. ¿Qué es la telegestión y monitorización de instalaciones de centros comerciales? 1020

2. La implantación de plataforma monitorización y control. 1020

3 Funcionalidades de la implantación de plataforma telegestión y monitorización en centros comerciales. 1021

4. Ejemplos de resultados 1022

a. Equipos de climatización no conectados al sistema de control centralizado. 1022

b. Problemas en circuitos concretos: Escaleras mecánicas. 1022

c. Ejemplo de registro de temperatura ambiente en local en la que una zona tiene problemas de temperatura. 1022

d. Ajustes en la operativa de local comercial con un sistema de refrigeración basada en aporte de agua fría por parte del centro. 1023

e. Averías localizadas remotamente 1023

1. Alarma de máquina derivada de configuración incorrecta del horario 1023

2. Climatización parada por falsa alarma de incendios 1023

3. Red de recarga vehículos eléctricos. 1023

## TALLER DE TRABAJO 1043

Propuesta de Real Decreto de Contadores de Calefacción 1043

1. Propuesta de Real Decreto por el que se regula la contabilización de consumos individuales de calefacción. 1043

2. Calefacciones y refrigeración centralizada. Comunidades de vecinos. 1044

3. Fechas límite para la instalación de los contadores. 1044

## CHECK-LIST 1068

1. ¿Qué es el Confort térmico? 1068

2. ¿Qué es la Gestión energética? 1069

## ANEXO 1 1071

Auditoria energética y medioambiental del ecoalumbrado público 1071

## ANEXO 2 1076

Consumo de energía de la calefacción 1076

## ANEXO 3 1150

Centro de vigilancia y monitorización. Redes IP. Redes convergentes. 1150

## ANEXO 4 1167

Hoja de Ruta de Edificación Sostenible del País Vasco: Bultzatu 2025 1167

## ¿QUÉ APRENDERÁ?



- **Procesos de auditorías, inspecciones y certificaciones energéticas.**
- **Metodología de cálculo de la calificación de eficiencia energética. Métodos para optimizar una certificación energética de nuevos edificios y los ya existentes.**
- **Programas informáticos de certificación energética LIDER, CALENER VYP, CALENER GT, CE3 y CE3X.**
- **Condiciones técnicas de los procedimientos para la evaluación de la eficiencia energética de los edificios.**
- **Certificación de edificios existentes CE3. Los tres procedimientos (CE3 Viviendas, CE3 PMT y CE3 GT).**
- **Las claves del Reglamento de instalaciones térmicas en edificios (R.I.T.E).**
- **Ventajas de la Auditoría Energética.**
- **Auditorías energéticas obligatorias.**
- **La norma ISO 50002:2014 Auditorías Energéticas.**
- **Estudio termográfico de los bloques de edificios.**
- **La envolvente térmica en los edificios.**

## Introducción



### La diferencia entre una auditoría energética y la gestión energética

Ya sea responsable de un gran edificio comercial, una fábrica, un local, o una comunidad de vecinos, es importante aprovechar cualquier programa, incentivo de reembolso y estrategias que puedan ayudarle a ahorrar dinero en sus facturas de energía. Existen estrategias a corto plazo que pueden impactar positivamente en sus resultados de inmediato, así como estrategias a largo plazo que pueden reducir su consumo de energía y estabilizar su consumo de energía en el futuro.

Las auditorías energéticas rastrean su uso y eficiencia energética para identificar áreas clave para mejorar. La información recogida a través de la auditoría energética ayudará a acelerar los ahorros. El edificio comercial promedio desperdicia el 30 por ciento de la energía que consume.

### ¿Qué es una auditoría energética?

Una auditoría energética es una evaluación de la energía consumida en un inmueble que se utiliza para encontrar las ineficiencias. El primer paso para una auditoría energética es evaluar cuanta energía se está utilizando para que los propietarios puedan identificar las mejoras que deben realizarse para aumentar la eficiencia energética. Solo una vez que se reconocen las deficiencias en el sistema de energía, se pueden corregir. Esto conduce al ahorro de energía, lo que termina en una disminución de la factura de energía y una mayor eficiencia.

### ¿Qué es la gestión energética?

La administración de energía es el proceso de monitoreo, control y conservación de energía en un edificio u organización. El proceso de gestión energética comienza con una auditoría energética de una ubicación determinada. El objetivo es encontrar oportunidades para mejorar la eficiencia. Esencialmente, la gestión



energética implica realizar la auditoría energética y ponerla en práctica con una serie de estrategias.

Por ejemplo, instalar luces con un temporizador para apagarse automáticamente por la noche. Después de tomar medidas, el seguimiento del progreso de los cambios realizados es la parte más importante. Finalmente, este ciclo comienza de nuevo, lo que resulta en otra auditoría energética.

## La diferencia entre una auditoría energética y la gestión energética

La diferencia radica en un procedimiento sistemático y único y una estrategia a largo plazo dedicada a la mejora continua y la eficiencia energética.

Una auditoría energética es un estudio. La razón es que examina críticamente la factura de energía del consumidor y cualquier mejora que pueda hacerse de inmediato para reducir el consumo de energía.

La gestión energética se trata de una mejora continua mediante el monitoreo de la energía a lo largo del tiempo. Es la versión a largo plazo y comprometida de las auditorías energéticas. La gestión energética sigue el sistema de "plan-do-act-check". Este sistema fue implementado por las Normas Internacionales para la Gestión de la Energía.

Un proceso de auditoría energética de edificios comerciales es un análisis general de las formas en que una empresa consume energía. Una vez que se realiza la auditoría energética sobre los principales consumos de energía, el análisis se enfoca en identificar formas de disminuir el uso de energía y ahorrar dinero.

De estos temas se trata, desde una perspectiva práctica y profesional, en la guía del Auditor energético. Auditoría y certificación energética de edificios.

## PARTE PRIMERA

### *Normativa de la certificación energética.*

**Capítulo 1. Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios.**



### *1. Antecedentes históricos.*