ADECUACIÓN ENERGÉTICA PARA VIVIENDAS EN LORCA

GUÍA PARA EL CUMPLIMIENTO DE LA LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA EN VIVIENDAS (CTE-DB HE1) CON MEJORAS PASIVAS EN LORCA (MURCIA)

Margarita de Luxán García de Diego y Gloria Gómez Muñoz

Octubre de 2012

Equipo de redacción:

Margarita de Luxán García de Diego. Dra. Arquitecta Grupo de Investigación Arquitectura, Urbanismo y Sostenibilidad, GIAU+S, UPM Gloria Gómez Muñoz. Arquitecta CC60 Estudio de Arquitectura SLP Esta Guía ha sido redactada por las autoras como contribución para una reconstrucción de las viviendas de Lorca tras el terremoto de 2011 en la que se contemplen criterios de ahorro de energía mediante estrategias pasivas.

Se trata de un documento que pretende aunar las recomendaciones específicas para el clima de Lorca con las exigencias del Código Técnico de la Edificación en su documento de limitación de la demanda de energía (DB-HE1), facilitando el trabajo de los arquitectos que tengan que reconstruir o intervenir en los edificios de Lorca.

OBJETO DE ESTA GUÍA

Esta guía pretende facilitar la aplicación de los requerimientos para la limitación de la demanda energética a los edificios en Lorca, mejorando, a partir de la consideración de estrategias pasivas, la eficiencia energética de las viviendas.

Considerando que en los próximos años, Lorca reconstruirá las viviendas desaparecidas por el terremoto de 2011, esta guía tiene una cuádruple pretensión:

- 1. Conseguir que los habitantes de Lorca, tengan unas mejores condiciones de confort y darles posibilidad de ahorrar energía en sus viviendas.
- 2. Ser un documento eficaz para el cumplimiento de los requisitos que el **Código Técnico de la Edificación** CTE establece para Lorca.
- 3. Recomendar estrategias adecuadas en cuanto a eficiencia energética que se adapten a la realidad climática de Lorca, basadas en la **Arquitectura solar pasiva**.
- 4. Constituir un documento con propuestas concretas de mejoras de aplicabilidad del documento a su clima, optimizando el ahorro energético.

Ilustración 1. . Vista aérea de Lorca



Fuente: Google Earth

INDICE

1	IN	TRODUCCIÓN	6
	1.1	EL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN	6
	1.2	EL DOCUMENTO BÁSICO DE AHORRO DE ENERGÍA - LIMITACIÓN DE DEM	ANDA
	ENER	GÉTICA HE-1	6
	1.3	ASPECTOS MEJORABLES EN LA APLICACIÓN DEL DOCUMENTO BÁSICO HE-	1 DEI
	CÓDIO	GO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN EN LORCA	
	1.4	LOS MÉTODOS DE CÁLCULO CONTEMPLADOS EN EL CTE-HE-1	7
	1.5	EL PROCESO DE CÁLCULO (OPCIÓN SIMPLIFICADA)	10
2	DI	ETERMINACIÓN DE LA ZONA CLIMÁTICA	11
	2.1	ZONA CLIMÁTICA DE LORCA PARA LA APLICACIÓN DEL CTE-DBHE1	11
	2.2	DATOS CLIMÁTICOS DE LORCA	
3	ES	TRATEGIAS PASIVAS DE DISEÑO DE VIVIENDAS EN LORCA	
	3.1	EL CLIMOGRAMA DE OLGYAY. CONDICIONES EXTERIORES DE CONFORT	
	3.2	EL CLIMOGRAMA DE GIVONI. CONDICIONES DE LA EDIFICACIÓN	
4	LA	A ENVOLVENTE TÉRMICA DE LOS EDIFICIOS	
	4.1	LIMITACIONES DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA DE LOS EDIFICIOS DE LORCA S	EGÚN
		NA CLIMÁTICA	
5	PF	REDIMENSIONADO DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA DE LOS EDIFICIOS	21
	5.1	LOS MUROS	21
	5.2	LOS HUECOS	30
	5.3	LAS CUBIERTAS	44
	5.4	SUELOS	47
	5.5	PARTICIONES INTERIORES	
6		S CONDENSACIONES Y LOS PUENTES TÉRMICOS	
7	Cl	JMPLIMENTACIÓN DE FICHAS DE LA OPCIÓN SIMPLIFICADA	
	7.1	CUMPLIMENTACIÓN DE LA FICHA 1	
	7.2	CUMPLIMENTACIÓN DE LA FICHA 2	
	7.3	CUMPLIMENTACIÓN DE LA FICHA 3	
8		SUMEN DE RECOMENDACIONES	
9	C	DNCLUSIÓN FINAL	65
10	IA (NEXOS	
	10.1	ANEXO II. ENERGÍA INCORPORADA EN MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	
	10.2	ANEXO II. INFORMACIÓN SOBRE AISLAMIENTOS	
	10 2	ANEVO III. DIDLIOCDACÍA	71

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

llustración 1 Vista aérea de Lorca	3
Ilustración 2. Irradiancia según orientación de superficies	
Ilustración 3. Curvas de energía. Estudio comparativo de consumo anual de energía	9
Ilustración 4 Vista aérea de Lorca	11
Ilustración 4 Mapa geográfico zona de Lorca	
Ilustración 5. Diagrama climático de Olgyay para Lorca	
Ilustración 6. Vista de Lorca	
Ilustración 7. Diagrama climático de Givoni para Lorca	
Ilustración 8. Esquema de envolvente térmica de un edificio (Figura 3.2. DB-HE1)	
Ilustración 9. Transmitancia térmica de muros simples	
Ilustración 11. Transmitancia térmica de muros dobles y fachadas ventiladas	
Ilustración 12. Muro en contacto con el terreno y muro enterrado (Figuras E.3 y E.4 DB-HE1).	27
Ilustración 13. Transmitancia térmica de muros enterrados 1	
Ilustración 14. Transmitancia térmica de muros enterrados 2	
llustración 15. Orientación de fachadas según el DB-HE1	
Ilustración 16. Valores de radiación en función de la orientación	
Ilustración 17. Transmitancia térmica de huecos (0-10%)	
Ilustración 18. Transmitancia térmica de huecos (11-20%)	
Ilustración 19. Transmitancia térmica de huecos (21-30%)	
Ilustración 20. Transmitancia térmica de huecos (31-40%)	
Ilustración 21. Transmitancia térmica de huecos (41-50%)	
Ilustración 22. Transmitancia térmica de huecos (51-60%)	
Ilustración 23. Sistema de captación directa. Acumulación en elementos bajo el suelo	
Ilustración 24. Sistema de captación directa. Acumulación en superficies perimetrales	39
Ilustración 25. Protecciones solares	
Ilustración 26. Protección solar por elementos móviles	41
Ilustración 27. Carta solar y protecciones solares para Lorca	
Ilustración 28. Cubierta enterrada (Figura E.5 DB-HE1)	
Ilustración 29. Transmitancia térmica de cubiertas	
Ilustración 30. Soleras con aislamiento perimetral (Figura E.1 DB-HE1)	
Ilustración 31. Solera enterrada (Figura E.2 DB-HE1)	
Ilustración 32. Cámaras sanitarias (Figura 3.8 DB-HE1)	48
Ilustración 33. Transmitancia térmica de suelos	
Ilustración 34. Espacios habitables en contacto con espacios no habitables	
llustración 35. Factor de temperatura superficial interior de cerramiento	
Ilustración 36. Análisis de la posición idónea del aislamiento térmico, evitando puentes térm	
y humedades de condensación	
Ilustración 37. Ficha 1 Cálculo de los parámetros característicos medios (DB-HE1)	
Ilustración 37. Ficha 2 Conformidad. Demanda energética	
Ilustración 39. Ficha 3 Conformidad. Condensaciones	63

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Zonas climáticas según CTE-DB-HE1 (Tabla D1. Zonas climáticas)	11
Tabla 2. Zona climática de Lorca según CTE-DB-HE1	11
Tabla 3. Datos climáticos de la estación Huércal Overa (Almería). Periodo: 1999-2007	
Tabla 4. Factor de ropa según tipo de vestido	15
Tabla 5. Transmitancia térmica máxima de cerramientos y particiones interiores de	e la
envolvente térmica U en W/m2K (Tabla 2.1 DB-HE1)	19
Tabla 6. Valores límite de los parámetros característicos medios para la zona climá	
C2 (Tabla 2.2 DB-HE1)	20
Tabla 7. Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterio	r en
m2K/W (Tabla E.1 DB-HE1)	24
Tabla 8. Transmitancias límites en función de la orientación de la fachada (zona C2)	
Tabla 9. Valor de factor de sombra según tipo de protección	43
Tabla 10. Valor de factor solar según tipo de vidrio	44
Tabla 11. Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterio	
m2K/W (Tabla E.1 DB HE1)	45
Tabla 12. Transmitancia térmica Us en W/m2K (Tabla E.3 DB-HE1)	47
Tabla 13. Transmitancia térmica Us en W/m2K (Tabla E.4 DB-HE1)	48
Tabla 14. Transmitancia térmica Us en W/m2K (Tabla E.9 DB-HE1)	48
Tabla 15. Resistencias térmicas superficiales de particiones interiores en m2K/W (Tabla E.6	DB-
HE1)	50
Tabla 16. Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterio	r en
m2K/W (Tabla E.7 DB-HE1)	51
Tabla 17. Tasa de renovación de aire entre espacios no habitables y el exterior (h-1) (Tabla	E.8
DB-HE1)	52
Tabla 18. Factor de temperatura de la superficie interior mínimo f _{Rsmin} (Tabla 3.2 DB-HE1)	52
Tabla 19. Presión de saturación P, en mbar del vapor de agua	55
Tabla 20. Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua	56
Tabla 21.Absortividad del marco para radiación α (Tabla E.10 DB-HE1)	61
Tabla 22. Energía incorporada en materiales de construcción (kWh/Kg)	66
Tabla 23. Tabla de aiclamientos con espesores equivalentes en cm	70

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Transmitancia de elementos constructivos (Ecuación E.1 DB-HE1)	. 24
Ecuación 2. Resistencia de elementos constructivos (Ecuación E.3 DB-HE1)	. 24
Ecuación 3. Transmitancia térmica de muros enterrados cuya composición varíe con	
profundidad (Ecuación E.5 DB-HE1):	. 27
Ecuación 4. Transmitancia térmica de cubierta enterrada. (Ecuación E.1 DB-HE1)	.45
Ecuación 5. Resitencia térmica de cubierta enterrada. (Ecuaciones E.2 y E.3 DB-HE1)	.45
Ecuación 6. Cálculo del cociente entre la superficie del suelo y la longitud	.47
Ecuación 7. Resistencia Térmica de suelos en contacto con cámara sanitaria (Ecuación E 1.	.3.2
DB-HE1)	.48
Ecuación 8. Transmitancia térmica de particiones interiores (Ecuación E 6 DB-HE1)	.50
Ecuación 9. Coeficiente de reducción de temperatura b, para el resto de espacios no habitab	ole
(Ecuación E 7 DB-HE1)	.51
Ecuación 10. Cálculo del factor de temperatura superficial f _{Rsi} (Ecuación G.6 DB HE1)	.52
Ecuación 11. Cálculo de la temperatura superficial exterior θse (Ecuación G.7 DB-HE1)	.54
Ecuación 12. Cálculo de la temperatura en cada una de las capas que componen el eleme	nto
constructivo según las expresiones siguientes (Ecuación H.8 DB-HE1)	.54
Ecuación 13. Cálculo de la temperatura superficial interior $ heta$ si (Ecuación G.9 DB-HE1)	.55
Ecuación 14. Cálculo de la presión de saturación de vapor (Ecuaciones G14 y G15 DB-HE1)	.55
Ecuación 14. Distribución de presión de vapor (Ecuación G.10 DB-HE1)	.56
Ecuación 15. Cálculo del espesor de aire equivalente (Ecuación G.11 DB-HE1)	.56
Ecuación 16. Cálculo analítico de Pi (Ecuación G.12 DB-HE1)	.57
Ecuación 17. Cálculo analítico de Pe (Ecuación G.13 DB-HE1)	.57
Ecuación 16. Cálculo analítico de Pi (Ecuación E.11 DB-HE1)	.61

CÓDIGO DE COLORES: en los textos de esta guía

Se han resaltado en azul las exigencias del CTE HE-1 para la zona de Lorca.

Se utiliza el verde y la cursiva para los aspectos que este documento indica modificar para mejorar y hacer más eficaz el cumplimiento de la normativa, así como para las recomendaciones de adecuación y aprovechamiento pasivos adaptadas a las condiciones climáticas de este municipio.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 EL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

Según un informe del Consejo Superior de Colegios de Arquitectos de España, el Código Técnico de la Edificación CTE representó un momento histórico para producir dos efectos de gran repercusión sobre la edificación:

- 1.1.- La extensión de la cultura y la tecnología de la calidad y la sostenibilidad a todo el proceso constructivo de la edificación en España, especialmente en materia de vivienda y equipamientos, en cumplimiento de directivas europeas y el protocolo de Kyoto,
- 2.2.- La introducción de elementos de I+D+i en todo el sistema edificatorio y otros aspectos que suponen un paso decisivo hacia un ejercicio más responsable en un sector de gran repercusión económica y ambiental.

El documento CTE HE-1 es de obligado cumplimiento a partir de septiembre de 2006.

1.2 EL DOCUMENTO BÁSICO DE AHORRO DE ENERGÍA - LIMITACIÓN DE DEMANDA ENERGÉTICA HE-1

El Documento Básico DB-HE de Ahorro de Energía, apartado HE-1 (Limitación de la Demanda Energética) supone un avance en la zona de Lorca, respecto a lo exigible por la legislación anterior, la NBE-CT-79, en la que las exigencias de limitación de la trasmisión térmica para garantizar el confort en el interior de las edificaciones eran insuficientes para la reducción posible del consumo de energía.

Pese a ello, se estima que la zona climática considerada sólo por altitud respecto a la capital de provincia por el CTE HE-1 se puede complementar con otras herramientas que permitan definir estrategias pasivas de diseño de la edificación que permitan alcanzar mejores condiciones de confort con menor consumo energético.

Esto es importante cuando la *normativa proviene básicamente de climas fríos*, y no considera los enormes ahorros de energía que produciría una adecuada Arquitectura Solar Pasiva que utilice las estrategias necesarias para cada tipo de clima.

1.3 ASPECTOS MEJORABLES EN LA APLICACIÓN DEL DOCUMENTO BÁSICO HE-1 DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN EN LORCA

Así pues se estima que existen básicamente dos aspectos generales mejorables en el DB-HE1 respecto a su aplicación a Lorca:

- 3.1.- Más datos para la determinación de las zonas climáticas
- 3.2.- Utilización de las estrategias de la Arquitectura Solar Pasiva aplicables en la localidad
- 3.3.- Una mayor exigencia en las protecciones solares, necesaria en climas con periodos de sobrecalentamiento importantes a lo largo del año.

1.4 LOS MÉTODOS DE CÁLCULO CONTEMPLADOS EN EL CTE-HE-1

Existen dos procedimientos para hacer la evaluación de la demanda energética un edificio, dependiendo del porcentaje de huecos que tengan las fachadas del mismo:

la opción general y la opción simplificada

En ambos métodos se deben calcular los flujos interior-exterior del edificio en proyecto y justificar que las transmitancias, el factor solar y las condensaciones totales son inferiores a las permitidas.

La opción general

Basada en la evaluación de la demanda energética del edificio mediante su *comparación con un edificio de referencia*, a través de un complejo sistema de entrada de datos en un *programa informático*. Esta opción es obligatoria cuando el porcentaje de huecos de las fachadas supera el 60% o el porcentaje de lucernarios es mayor al 5% de la superficie total de la cubierta.

Esta guía no sigue dicha opción, no sólo por la dificultad que entraña, sino también porque un porcentaje de huecos en fachada superior al 60% mengua considerablemente la eficacia de las estrategias de la Arquitectura Solar Pasiva en el clima considerado.

La opción simplificada

Se puede utilizar cuando:

- a) La superficie de huecos de cada fachada sea inferior al 60% de su superficie y,
- b) Cuando la superficie de lucernarios sea inferior al 5% de la superficie de la cubierta.

En el caso de las viviendas se recomienda concebir el edificio con las condiciones que permitan acogerse a la <u>opción simplificada</u> no sólo porque es de aplicación más sencilla, sino también porque limitar el porcentaje de huecos en fachada favorece la eficacia de las **Estrategias de la Arquitectura Solar Pasiva en el clima de Lorca**, lo que redunda en un aumento del confort en el interior de las viviendas con sistemas no consumidores de energía y el consiguiente ahorro energético.

Un tema que debe de tenerse siempre en cuenta, es el de la orientación, de fachadas y huecos, partiendo de la irradiancia recibida en cada orientación, en invierno y verano, que para las condiciones de Lorca suponen:

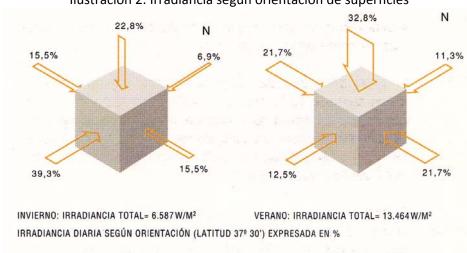


Ilustración 2. Irradiancia según orientación de superficies

Fuente: de Luxán, 1997

También se debería tener en cuenta, que la anchura de las calles, cuándo son estrechas (menos de 2 veces la altura de las edificaciones enfrentadas), hace que las plantas bajas no reciban radiación en invierno, independientemente de su orientación.

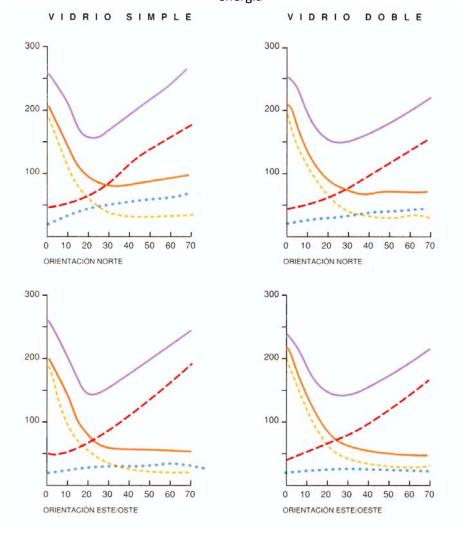
Por otra parte, las mejores condiciones para el tamaño de los huecos de fachada, no exigen grandes acristalamientos en nuestros climas.

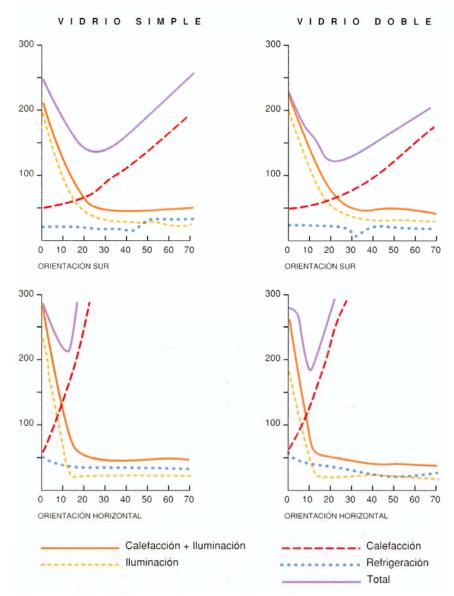
Hay estudios teóricos comparativos de consumos anuales de energía en un clima templado, en los que se refieren, para distintas orientaciones y tipos de vidrio, las curvas de gasto energético (en el eje vertical) medidas en kWh/m², en función del porcentaje acristalado (en el eje horizontal).

En la página siguiente aparecen las curvas de gastos correspondientes a calefacción, iluminación, y la suma de ambas como instalaciones más comunes; la refrigeración y la suma de calefacción, iluminación y refrigeración como total.

Puede verse que las proporciones mejores en cualquier orientación, no superan el 30% para fachadas verticales, ni el 12% para vidrios horizontales.

Ilustración 3. Curvas de energía. Estudio comparativo de consumo anual de energía





Fuente: Basado en recomendaciones de la Comisión Europea recogido en de Luxán, 1997

CÁLCULO MEDIANTE LA OPCIÓN SIMPLIFICADA

Esta opción se basa en la comparación de los valores obtenidos en el cálculo de los parámetros característicos de la envolvente térmica del edificio, con los valores límite permitidos.

La presente guía hace un recorrido del procedimiento de aplicación que el CTE propone para el cumplimiento de <u>la opción simplificada</u>, por las razones anteriormente descritas.

De esta manera y paso a paso se aportan los datos necesarios para rellenar las fichas justificativas del cumplimiento del documento básico del edificio proyectado: determinación de la zona climática, valores de transmitancia de los distintos componentes de la envolvente (muros, suelos, cubiertas, cerramientos en contacto con el terreno y huecos) más comunes en los sistemas constructivos, factor solar modificado de huecos, permeabilidad al aire de las carpinterías, condensaciones, etc.

EN ESTA GUÍA SE APORTAN LOS CÁLCULOS, YA RESUELTOS, DE LAS TRANMITANCIAS DE ELEMENTOS HABITUALES DE LA ARQUITECTURA ACTUAL

Se ha procurado ofrecer la suficiente variedad de soluciones en la envolvente del edificio como para que el proyectista no vea limitada su creatividad y libertad de elección, pero al mismo tiempo se ha tratado de hacer una reflexión de hasta que punto está en manos del diseño del proyectista no sólo el ahorro energético real en todo el proceso de la construcción (desde la elección de los materiales y su transporte, la facilidad en su mantenimiento, la capacidad de reciclaje de dichos materiales cuando se produzca la demolición del inmueble....) sino también la consecución del confort de los futuros usuarios y el AHORRO ENERGÉTICO que la buena práctica de este proceso conlleva.

1.5 EL PROCESO DE CÁLCULO (OPCIÓN SIMPLIFICADA)

El procedimiento para la justificación del cumplimiento del CTE-HE-1 en materia de eficiencia energética según la opción simplificada sería el siguiente:

A) DATOS DEL PROYECTO:

- 1. Determinación de la **zona climática** en que se encuentra el edificio. En el caso de Lorca esta es **C2**.
- **2**. Clasificación de los espacios en *habitables y no habitables* de la vivienda. Definición de la envolvente del edificio.

Predimensionado de la *envolvente térmica y cálculo % huecos en fachada* en cada orientación.

- Muros en contacto con el aire
- Muros en contacto con el terreno.
- Huecos (marcos, permeabilidad y protección solar)
- Cubiertas (planas e inclinadas)
- Suelos (soleras y forjados sanitarios) y particiones interiores en contacto con espacios no habitables.
- Condensaciones.
- Puentes térmicos.

B) JUSTIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LA SOLUCIÓN:

CUMPLIMENTACIÓN FICHA 1.- (cálculo parámetros característicos medios).

- Introducción de las transmitancias de los elementos y sus áreas en ficha de cálculo
- Factor solar modificado en huecos.

CUMPLIMENTACIÓN FICHA 2.- con los valores obtenidos en la ficha 1 y valores límites de tablas 2.1 y 2.2 del DB-HE1

CUMPLIMENTACIÓN FICHA 3.- Según gráfico que se adjunta (condensación superficial) y cálculo de condensación intersticial para cada envolvente.

2 DETERMINACIÓN DE LA ZONA CLIMÁTICA

La determinación de las zonas climáticas en el Documento Básico HE-1 del CTE viene dada por una tabla del propio documento (Tabla D-1) dependiendo de la diferencia de altura que existe entre la localidad donde se ubique el proyecto y la de la capital de la provincia.

Así se establecen 12 zonas climáticas para todo el territorio español, en función de la combinación entre los Grados-día y la radiación de la Localidad y así se determinan las SC (severidades climáticas) clasificadas como sigue:

Severidad climática en Invierno (de A a E) A= mínima

E= máxima

Severidad climática en Verano (de 1 a 4): 1= mínima

4= máxima.

De la combinación entre ambas se obtiene la siguiente tabla:

Tabla 1. Zonas climáticas según CTE-DB-HE1 (Tabla D1. Zonas climáticas)

<u></u>	A4	B4	C4				
rand	A3 B3	ВЗ	C3	D3	E1		
SC (verano)			C2	D2	-		
Ø				C1	D1		
	SC (invierno)						

2.1 ZONA CLIMÁTICA DE LORCA PARA LA APLICACIÓN DEL CTE-DB--HE1

Según el CTE HE 1, si no hay observatorios locales, la tabla D.1 para la determinación de la Zona Climática se obtiene en función de la diferencia de la localidad y la altura e referencia de la capital, en el caso de Murcia indica:

Tabla 2. Zona climática de Lorca según CTE-DB-HE1

Capital	Altitud de	Zona climática	Altitud Lorca	Zona climática					
	referencia de			Desnivel					
	la capital			=200					
				<400					
Murcia	23 m	В3	364 m	C2					

Esta zonificación, aplicada al municipio de Lorca, implica que éste se encuentra en la zona climática C2.

Ilustración 4. . Vista aérea de Lorca

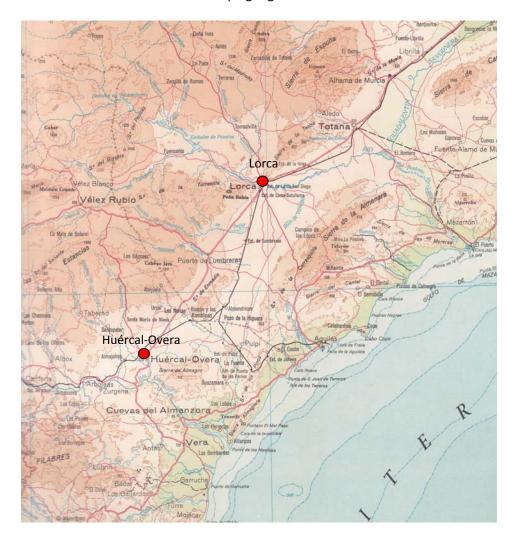


Fuente: http://www.conlorca.com/

2.2 DATOS CLIMÁTICOS DE LORCA

Al no contar con datos completos y elaborados de Lorca, y para complementar la información sobre la zona climática definida en el CTE, se aportan los datos climáticos del municipio de Huércal –Overa (Almería), próximo a Lorca y que se recogen en el cuadro siguiente:

Ilustración 5. . Mapa geográfico zona de Lorca



Fuente: Mapa geográfico nacional

Tabla 3. Datos climáticos de la estación Huércal Overa (Almería). Periodo: 1999-2007

	Tª media MÁX.	Tª media min.		HR media MÁX.	HR media min.	Precipitación	Radiación
	(ºC)	(ºC)	Tª media (ºC)	(%)	(%)	(mm)	(kWh/m²)
ENERO	15,77	2,14	8,95	90,66	40,93	31,30	2,74
FEBRERO	17,01	3,63	10,32	89,03	38,63	20,03	3,63
MARZO	19,58	6,39	12,99	86,93	36,16	32,75	4,76
ABRIL	21,42	8,25	14,84	86,82	33,63	39,45	6,01
MAYO	24,87	11,42	18,14	85,53	31,91	29,68	6,29
JUNIO	30,13	15,68	22,90	80,56	27,35	10,57	7,52
JULIO	32,05	17,60	24,83	82,52	28,42	2,34	7,71
AGOSTO	30,34	16,81	23,58	85,25	33,99	7,06	5,99
SEPTIEMBRE	28,50	15,34	21,92	88,17	36,79	17,29	5,35
OCTUBRE	24,83	11,67	18,25	88,75	38,22	42,83	3,82
NOVIEMBRE	18,86	6,46	12,66	88,91	41,41	37,34	2,77
DICIEMBRE	16,23	3,76	10,00	89,67	43,06	31,80	2,14
ANUAL	23,30	9,93	16,61	86,90	35,88	302,43	173,68

Fuente: Elaboración propia a partir de datos climáticos de AEMET

3 ESTRATEGIAS PASIVAS DE DISEÑO DE VIVIENDAS EN LORCA

Para reconocer con más precisión las estrategias pasivas adecuadas a Lorca, es necesario el análisis de las condiciones climáticas específicas mediante los climogramas de Olgyay y Givoni.

3.1 EL CLIMOGRAMA DE OLGYAY. CONDICIONES EXTERIORES DE CONFORT

El Climograma o Carta bioclimática de Olgyay es un diagrama en el que en el eje de abscisas se representa la humedad relativa y en el de ordenadas la temperatura como condiciones básicas que afectan a la temperatura sensible del cuerpo humano. Dentro de él se señala la zona que contiene los sistemas de valores temperatura-humedad en las que el cuerpo humano requiere el mínimo gasto de energía para ajustarse al medio ambiente, llamada 'zona de confort',

La zona de confort señalada en el diagrama es aquella en la que, a la sombra, con ropa ligera y con baja actividad muscular se tiene sensación térmica agradable.

La carta aquí presentada es válida en regiones templadas (latitud entorno a 40º), en condiciones de exterior. Si se quiere utilizar esta carta en otras regiones de menor latitud habrá que elevar el perímetro inferior de la zona de confort 0,5°C por cada disminución en 4° de latitud, subiendo proporcionalmente el perímetro superior hasta un máximo de 30°C. En el caso de Lorca, la latitud es de unos 37°41′, por lo que la carta es aplicable sin variaciones.

En esta carta se representa el clima anual de una zona conociendo las condiciones de temperatura y humedad. Suelen utilizarse las condiciones medias de temperatura y humedad mensuales, aunque se obtiene una mejor imagen si se utilizan, como se ha hecho en este análisis, las medias de máximas

y mínimas de cada mes, pues señalan las oscilaciones diarias de temperatura y humedad con lo que se puede apreciar las necesidades horarias, a veces muy distintas.

Una vez representado el clima se puede observar en él las condiciones medias de humedad temperatura que se dan en cada momento y su desviación con respecto a la zona de bienestar.

El límite inferior de la zona de confort, 21°C establece una separación por encima de la cual es necesaria la utilización de la protección solar y por debajo de la cual se necesita radiación. La zona de bienestar asciende con el movimiento del aire y desciende por radiación solar.

Los puntos del diagrama que están por encima de la zona de confort, corresponden a las condiciones climáticas en las que hay un exceso de calor (momentos sobrecalentados). Para restablecer las condiciones de confort se podrán adoptar medidas correctoras como la creación de protecciones solares, el aprovechamiento del viento si lo hay, o la creación, mediante un diseño adecuado, de corrientes de aire. Si las humedades relativas son bajas, se puede corregir con aumento de vapor de agua y aprovechar también el efecto refrigerante de la evaporación.

El parámetro de humedad que se considera en el estudio bioclimático es el referido a la humedad relativa, o sea la relación entre cantidad de vapor de agua contenida en el aire y cantidad de vapor en aire saturado a la misma temperatura. También puede utilizarse la relación entre gramos de humedad y Kg. de aire.

Como puede verse en el diagrama de Olgyay, si la temperatura se mantiene entre los 20°C y 25°C, se puede disfrutar de sensación de confort dentro de unos límites muy amplios de humedad relativa (entre el 20% y el 80%). Con temperaturas por debajo de los 20°C las variaciones de la humedad relativa no son altamente significativas en la sensación de confort.

Mucho más importante es la influencia de la humedad relativa cuando aumenta la temperatura por encima de los 25ºC. En éste caso, las necesidades

de corrección para mantener una sensación de confort admisible variarán con el contenido de humedad:

- Si la humedad relativa es inferior al 40% habrá bien que aumentarla o bien ventilar.
- Si es superior a ese valor habrá que disminuirla o también incrementar la ventilación.

La humedad es un valor relativamente fácil de aumentar, pero más complicado de disminuir. De un modo natural suele ser elevada en zonas costeras y en presencia de masas vegetales

En caso contrario, los puntos temperatura-humedad que están por debajo de la zona de confort (momentos infracalentados), pueden ser restituidos al confort por medio de la radiación, bien la solar directa o indirecta o de cualquier otro tipo.

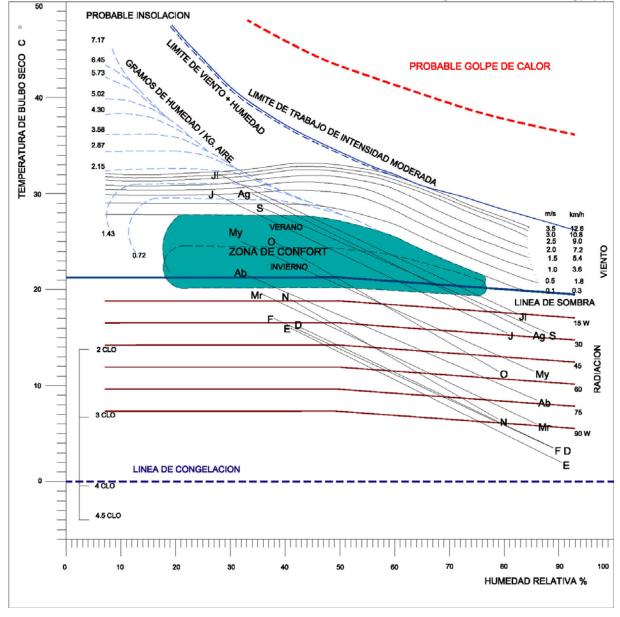
El factor ropa contribuye a ampliar la zona de confort admisible. La escala de medida del factor de corrección del vestido mas admitida es el CLO. Esta es una medida arbitraria de aislamiento por vestido. La escala va desde cero, cuando no hay ropa, hasta cuatro que representa la gruesa indumentaria polar, pasando por la unidad que corresponde a traje y ropa interior normales. La unidad se define científicamente como la resistencia que encuentra el calor para trasmitirse desde la piel hasta la superficie exterior de la ropa. Esta carta está diseñada para condiciones de exterior y no tiene en cuenta el edificio y las variaciones que éste produce en las condiciones temperatura-humedad interiores y está diseñada para 1 clo de arropamiento (cifra intermedia entre invierno y verano).

Tabla 4. Factor de ropa según tipo de vestido

Factor ropa	Tipo de vestido
0	Desnudo
0,5	Ropa ligera de verano
1,0	Traje normal con
	chaleco
1,5	Ropa de abrigo medio
2,0	Ropa con abrigo grueso

El diagrama es útil en cuanto a las condiciones en el exterior, pues en sus medidas correctoras no se tienen en cuenta los efectos de la edificación. Sin embargo, dado que cuantifica las necesidades para la obtención del bienestar, puede utilizarse también como indicador de las condiciones que se deben crear en el interior de las edificaciones.

Ilustración 6. Diagrama climático de Olgyay para Lorca



Según indica este diagrama las estrategias pasivas para el diseño de espacios abiertos en Lorca serían las siguientes

- Radiación solar a lo largo de todas las horas del día en los meses fríos (de noviembre a marzo).
- Necesidad de aporte de calor de distinta magnitud en todas las noches del año.
- Sombreamiento a partir de abril (horas centrales del día) hasta octubre.
- Utilizando protección solar se alcanza el confort en las horas centrales de los meses de abril, mayo, septiembre y octubre.
- Se podría conseguir el confort con ventilación y aporte de humedad en las horas centrales de los meses de junio, julio, agosto y septiembre, pero dado que las precipitaciones son escasas (302 mm año) y la evaporación alta (1.200 mm año) sería mas adecuado usar la ventilación, y en todo caso elevar la humedad con vegetación.

3.2 EL CLIMOGRAMA DE GIVONI. CONDICIONES DE LA EDIFICACIÓN

La Carta Bioclimática de Givoni se basa en el Índice de Tensión Térmica (ITS)1 para delimitar la zona de bienestar, y su aplicación es muy adecuada en climas cálidos de las regiones áridas.

Este método tiene en cuenta las características de la construcción como modificadoras de las condiciones del clima exterior, y en sus recomendaciones habla del bienestar en el interior de las edificaciones.

Givoni propone una carta bioclimática en la que en el eje de abscisas se representan las temperaturas de bulbo seco (la que normalmente dan los observatorios) y las ordenadas representan la tensión parcial de vapor de agua contenido en el aire, y las líneas curvas, psicrométricas, representan la humedad relativa. Sobre la línea de máxima humedad 100% se representa la temperatura de bulbo húmedo.

La representación del clima anual puede hacerse con las condiciones medias de cada mes, o mejor, de un modo más completo, con las condiciones de los días medios de cada mes, en la que además de los valores medios queda representada la oscilación diaria de los parámetros temperatura-humedad, dato muy importante para el diseño de las cualidades termofísicas del edificio. Esta última opción ha sido la que se ha seguido en la confección del diagrama que aparece en este trabajo.

Se delimitan varias zonas cuyas características de temperatura y humedad indican la conveniencia de utilizar unas determinadas estrategias de diseño en la edificación. En aquellas zonas en las que se superponen distintas estrategias, se puede usar una, otra o la acción combinada del conjunto de las recomendadas. Hay que tener en cuenta también que el cumplimiento de las

condiciones consideradas como insuficientes, favorece y abarata el uso de las necesarias. Así, si se necesita calefacción, un buen comportamiento pasivo disminuirá la cantidad de energía que se gaste en ella.

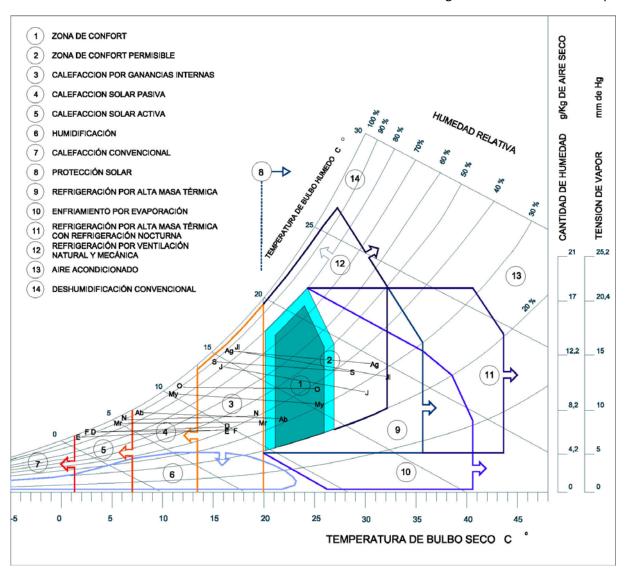
Respecta a las estrategias para refrigeración, se basan en la inercia de la masa térmica de la edificación y en la refrigeración, bien por ventilación, bien por evaporación.

Ilustración 7. Vista de Lorca



Fuente: http://www.fotopaises.com/foto/Espana/Lorca/85392.html

¹ Índice de tensión térmica (ITT) es la relación entre la cantidad de energía en forma de calor que se necesita eliminar en unas condiciones ambientales dadas y la energía máxima que es posible eliminar a través de la evaporación en esas condiciones.



Según indica este diagrama las estrategias pasivas para el diseño de la edificación en Lorca serían las siguientes

- En las noches de noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo, el interior de la edificación alcanzaría el confort mediante calefacción solar activa.
- En las noches de abril, mayo y octubre, sería suficiente contar con calefacción solar pasiva.
- Las noches del resto de los meses y las horas centrales del día de los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero las ganancias internas de la edificación permitirían alcanzar el confort.
- A partir del mes de abril y hasta octubre sería preciso la protección solar de huecos.
- Con esta estrategia, las horas centrales de los meses de octubre, abril y mayo se alcanzaría el confort.
- Para las horas centrales de los meses de junio, julio, agosto y septiembre, el diseño de la edificación debería contar con alta masa térmica y facilitar la ventilación nocturna.

4 LA ENVOLVENTE TÉRMICA DE LOS EDIFICIOS

Para determinar la envolvente del edificio, el CTE-DB-HE1 (apartado 2.1.3) establece una clasificación de los diferentes tipos de cerramientos y particiones (incluidos huecos), asignando a cada una de sus transmitancias U un subíndice de la siguiente forma:

- a) transmitancia térmica de muros de fachada Uм;
- b) transmitancia térmica de cubiertas Uc;
- c) transmitancia térmica de suelos Us;
- d) transmitancia térmica de cerramientos en contacto con el terreno UT;
- e) transmitancia térmica de huecos Uн;
- f) factor solar modificado de huecos FH;
- g) factor solar modificado de lucernarios FL;
- h) transmitancia térmica de medianerías UMD.

<u>Cada uno de estos elementos</u> debe tener una transmitancia inferior a las que se señala en la siguiente tabla para cada zona climática

Tabla 5. Transmitancia térmica máxima de cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica U en W/m2K (Tabla 2.1 DB-HE1)

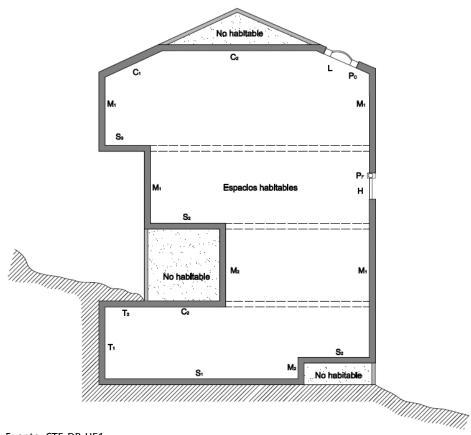
Cerramientos y particiones interiores	ZONAS A	ZONAS B	ZONAS C	ZONAS D	ZONAS E
Muros de fachada, particiones interiores en contacto con espacios no habitables, primer metro del perímetro de suelos apoyados sobre el terreno ⁽¹⁾ y primer metro de muros en contacto con el terreno	1 22	1,07	0,95	0,86	0,74
Suelos ⁽²⁾	0,69	0,68	0,65	0,64	0,62
Cubiertas ⁽³⁾	0,65	0,59	0,53	0,49	0,46
Vidrios y marcos	5,70	5,70	4,40	3,50	3,10
Medianerías	1,22	1,07	1,00	1,00	1,00

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

Fuente: CTE-DB-HE1

Los *espacios habitables*, en edificios de viviendas, son considerados por el DB-HE-1 como espacios *de baja carga interna y clase de higrometría 3* o inferior, a efectos de la cumplimentación de las fichas.

Ilustración 9. Esquema de envolvente térmica de un edificio (Figura 3.2. DB-HE1)



Fuente: CTE-DB-HE1

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

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

Tabla 6. Valores límite de los parámetros característicos medios para la zona climática C2 (Tabla 2.2 DB-HE1)

ZONA CLIMÁTICA C2

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno Transmitancia límite de suelos Transmitancia límite de cubiertas Factor solar modificado límite de lucernarios

U_{Mlim}: 0,73 W/m²K U_{Slim}: 0,50 W/m²K U_{Clim}: 0,41 W/m²K

s F_{Llim}: 0,32

% de superficie	erficie Transmitancia ilmite de nuecos'' UHlim W/m-K			Factor solar modificado límite de huecos Carga interna baja Carga interna a						
de huecos	N	E/O	s	SE/SO	E/O	s	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	4,4	4,4	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,4 (4,2)	3,9 (4,4)	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,9 (3,3)	3,3 (3,8)	4,3 (4,4)	4,3 (4,4)	-	-	-	0,60	-	-
de 31 a 40	2,6 (2,9)	3,0 (3,3)	3,9 (4,1)	3,9 (4,1)	-	-	-	0,47	-	0,51
de 41 a 50	2,4 (2,6)	2,8 (3,0)	3,6 (3,8)	3,6 (3,8)	0,59	-	-	0,40	0,58	0,43
de 51 a 60	2,2 (2,4)	2,7 (2,8)	3,5 (3,6)	3,5 (3,6)	0,51	-	0,55	0,35	0,52	0,38

 $^{^{(1)}}$ En los casos en que la transmitancia media de los muros de fachada U_{Mm} , definida en el apartado 3.2.2.1, sea inferior a 0,52 W/m^2K se podrá tomar el valor de U_{Hlim} indicado entre paréntesis para las zonas climáticas C1, C2, C3 y C4.

Fuente: CTE-DB-HE1

Esta guía de aplicación del CTE a Lorca incorpora una serie de tablas con elementos constructivos de uso recomendable, de los que ya se ha calculado la transmitancia total, por lo que se pueden escoger a modo de predimensionado los que estén POR DEBAJO de la transmitancia límite en cada zona climática.

4.1 LIMITACIONES DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA DE LOS EDIFICIOS DE LORCA SEGÚN SU ZONA CLIMÁTICA

La diferencia entre la tabla 5 y la tabla 6 es que la primera hace referencia a cada elemento por separado que tiene que cumplir una transmitancia límite. En la tabla 6 se consideran las medias ponderadas de todos los elementos de las mismas características que tenga la envolvente. Por ejemplo, pueden existir muros en contacto con el aire con distinta composición.

Cada uno de ellos cumplirá la tabla 5 (que es menos restrictiva), y la media ponderada de transmitancias de todos ellos, en relación con su área, cumplirán las tablas 6, para cada orientación (para cumplimentar la ficha 2).

Las exigencias derivarán directamente del CTE HE-1

5 PREDIMENSIONADO DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA DE LOS EDIFICIOS

5.1 LOS MUROS

5.1.1 Muros en contacto con el aire

Se han estudiado los muros más utilizados actualmente en la zona de Lorca, con los acabados y combinaciones más habituales:

- Exteriores de ladrillo visto y con revoco de mortero de cemento para muros simples y dobles.
- Aislamientos térmicos de EPS tipo III (15-18 Kg/m³), (ya que es un material reciclable en la actualidad, dispone de DIT Documento de Idoneidad Técnica, es fácilmente asequible en el mercado y posee una excelente relación espesor-aislamiento; además admite distintas posiciones interiorintermedio-exterior con respecto al muro (*).
- Acabados interiores de yeso.
- Los muros se han calculado con distintos espesores y sus posibles combinaciones.

Muros simples Muros dobles Fachadas ventiladas.

Para otras combinaciones habría que calcular la transmitancia total de la composición de muro elegida por el proyectista según el CTE.

(*) Los gráficos de transmitancia se han calculado con un aislamiento térmico de EPS tipo III. Para escoger otro tipo de aislamiento consultar la TABLA DE AISLAMIENTOS CON ESPESORES EQUIVALENTES QUE SE ENCUENTRA EN EL ANEXO II.

A continuación se aportan los gráficos G1 elaborados con la transmitancia de cada una de las composiciones. Se ha representado la tolerancias para la zona climática C (la que establece el CTE HE-1).

En estos gráficos se escoge el tipo de muro, en función del sistema constructivo deseado por el proyectista, siempre teniendo en cuenta que debe estar por debajo de la línea de transmitancia máxima determinada por la zona climática de la zona en que se está trabajando.

A la hora de escoger el muro, debemos tener en cuenta el consumo energético asociado a la fabricación y transporte de elementos, y las posibles dificultades en el adecuado mantenimiento de los mismos.

Un muro realizado con productos locales tiene por lo general un mantenimiento más asequible que las tecnologías importadas. También valdría la pena considerar que podemos intervenir muy positivamente en el fomento de la economía local.

Como puede verse en las tablas siguientes, NINGÚN MURO de los, hasta la fecha habituales, anteriormente EN LORCA CUMPLIRÍA SIN AISLAMIENTO LAS EXIGENCIAS DEL CTE HE-1

Así pues, en este paso debemos:

- a) Escoger un muro que no alcance la "U" límite de la zona climática.
- b) Calcular el % de huecos por fachada (que no debe pasar del 60% para poder realizar el cálculo mediante la opción simplificada.)

MUROS ESTUDIADOS

Muros simples (Gráficos G-1A)

Ladrillo perforado ½ pie con aislamiento exterior.

Con aislamiento de EPS tipo III (4 cm)

Con aislamiento de EPS tipo III (5cm)

Ladrillo perforado 1 pie sin o con aislamiento exterior

Sin aislamiento

Con aislamiento de EPS tipo III (3 cm)

Con aislamiento de EPS tipo III (4 cm)

Bloque cerámico aligerado 14 cm sin o con aislamiento exterior

Sin aislamiento

Con aislamiento de EPS tipo III (3 cm)

Con aislamiento de EPS tipo III (4 cm)

Bloque cerámico aligerado 19 cm sin o con aislamiento exterior

Sin aislamiento

Con aislamiento de EPS tipo III (3 cm)

Con aislamiento de EPS tipo III (4 cm)

Bloque cerámico aligerado 24 cm sin o con aislamiento exterior

Sin aislamiento

Con aislamiento de EPS tipo III (3 cm)

Con aislamiento de EPS tipo III (4 cm)

Bloque cerámico aligerado 29 cm sin o con aislamiento exterior

Sin aislamiento

Con aislamiento de EPS tipo III (3 cm)

Con aislamiento de EPS tipo III (4 cm)

Muros dobles (Gráficos G-1B)

Ladrillo cara vista

½ pie ladrillo perforado+mortero+5cm cámara+tabique hueco sencillo+yeso

½ pie ladrillo perforado+mortero+3cm EPS III+2cm cámara+tabique h.sencillo+yeso

½ pie ladrillo perforado+mortero+4cm EPS III+2cm cámara+tabique h.sencillo+yeso

½ pie ladrillo perforado+mortero+5cm cámara+tabique hueco doble+yeso

% pie ladrillo perforado+mortero+3cm EPS III+2cm cámara+tabique h. doble+yeso

½ pie ladrillo perforado+mortero+4cm EPS III+2cm cámara+tabique h. doble+yeso

Fachada revocada

Revoco+½ pie l. h. doble+mortero+5cm cámara+tabique hueco sencillo+yeso

Revoco+½ pie I. h. doble+mortero+3cm EPS III+2cm cámara+tabique h. sencillo+yeso

Revoco+½ pie I. h. doble+mortero+4cm EPS III+2cm cámara+tabique h. sencillo+yeso

Revoco+½ pie l. h. doble+mortero+5cm cámara+tabique hueco doble+yeso

Revoco+½ pie I. h. doble+mortero+3cm EPS III+2cm cámara+tabique h. doble+yeso

Revoco+½ pie I. h. doble+mortero+4cm EPS III+2cm cámara+tabique h. doble+yeso

Fachadas Ventiladas

Piedra 2cm+2cm cámara+3cm EPS III+1/2 pie ladrillo perforado+yeso Piedra 2cm+2cm cámara+4cm EPS III+1/2 pie ladrillo perforado+yeso

Panel fenólico 1cm+2cm cámara+3cm EPS III+1/2 pie ladrillo perforado+yeso

Panel fenólico 1cm+2cm cámara+4cm EPS III+1/2 pie ladrillo perforado+yeso

En las ilustraciones 10 y 11 la transmitancia total de cada muro es la resultante de la suma de la de todas sus capas y se han representado también los límites impuestos por el CTE HE1 para la zona climática C, por lo que se puede elegir directamente el muro que cumple para dicha zona.

Para combinaciones de muro diferentes a las estudiadas hay que calcular la transmitancia de la solución proyectada mediante la formula general:

Ecuación 1. Transmitancia de elementos constructivos (Ecuación E.1 DB-HE1)

 $U=1/R_T$

Siendo \mathbf{R}_T la suma de las resistencias térmicas de cada capa + las resistencias térmicas superficiales correspondientes al aire interior y exterior \mathbf{R}_{si} y \mathbf{R}_{se} según los valores de la siguiente tabla:

Tabla 7. Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en m2K/W (Tabla E.1 DB-HE1)

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

Fuente: CTE-DB-HE1

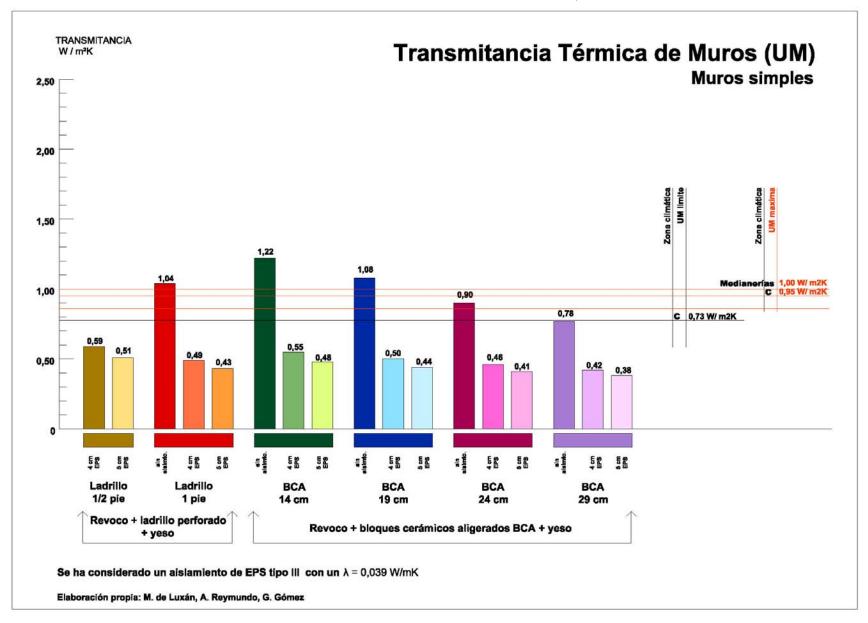
Ecuación 2. Resistencia de elementos constructivos (Ecuación E.3 DB-HE1)

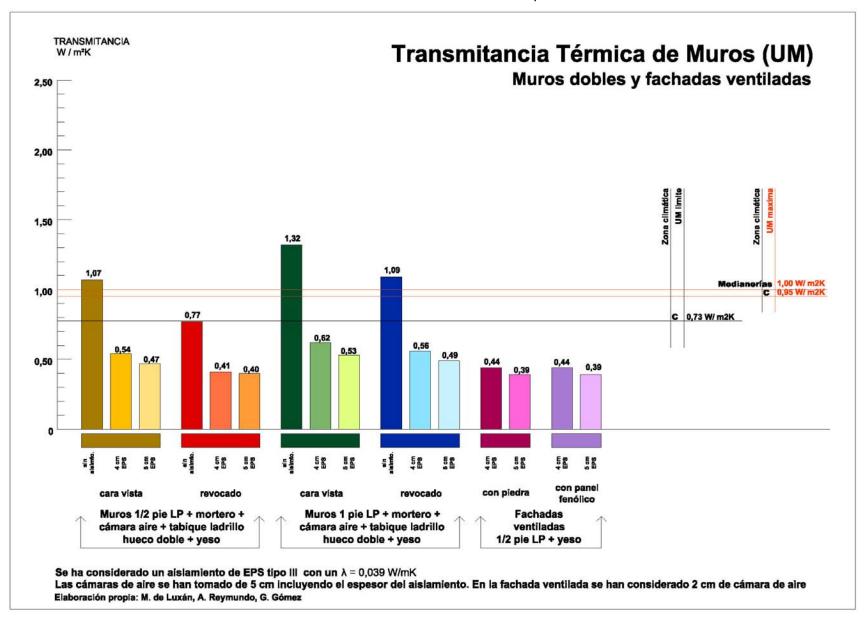
$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + ... + R_n + R_{se}$$
 (E.2)

R=e/λ

Donde **e**= espesor de cada capa diferente en metros.

λ = conductividad térmica de cada capa.

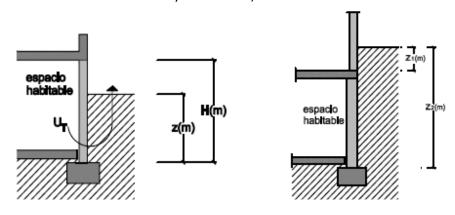




5.1.2 Muros en contacto con el terreno.

Las transmitancias de los muros o pantallas en contacto con el terreno (ilustración 12 se obtienen en función de su profundidad z (parte enterrada del muro), y de la resistencia térmica del mismo, en base a su composición.

Ilustración 12. Muro en contacto con el terreno y muro enterrado (Figuras E.3 y E.4 DB-HE1)



En los gráficos de las páginas siguientes, se han considerado composiciones de muros de hormigón armado con los espesores más habituales con acabado interior de yeso y lámina de caucho butilo y/o polietileno alta densidad en la cara exterior. De estos gráficos se puede extraer directamente la transmitancia U para cumplimentar las Fichas 1 y 2.

Aparecen:

- La ilustración 13, con muros de hormigón con lámina de polietileno, y mortero de lana de roca para proyectar con λ = 0,038 W/mK
- La ilustración 14 con muros de hormigón con lámina de polietileno, lana de roca con λ = 0,04 W/mK y placa de yeso laminado λ = 0,25 W/mK

Para otras combinaciones de muro se calculará según el apartado E.1.2.2 del Documento HE-1 del CTE.

En el caso de muros cuya composición varíe con la profundidad (fig. E4), la transmitancia se calculará según fórmula:

Ecuación 3. Transmitancia térmica de muros enterrados cuya composición varíe con la profundidad (Ecuación E.5 DB-HE1):

$$U_{T} = \frac{U_{1} \cdot Z_{1} + U_{2} \cdot Z_{2} - U_{12} \cdot Z_{1}}{Z_{2}}$$

Siendo,

z1 y z2 la profundidad del primer y el segundo tramo respectivamente [m].

U1 la transmitancia térmica del primer tramo del muro, obtenida de la tabla E.5 para una profundidad

z = z1 y una resistencia térmica Rm= R1 [W/m² K];

U2 la transmitancia térmica obtenida de la tabla E.5 de un muro hipotético de profundidad z=z2 y resistencia térmica Rm= R2 [W/ m^2 K];

U12 la transmitancia térmica obtenida de la tabla E.5 de un muro hipotético de profundidad z=z1 y resistencia térmica Rm= R2 [W/ m^2 K];

Ilustración 13. Transmitancia térmica de muros enterrados 1

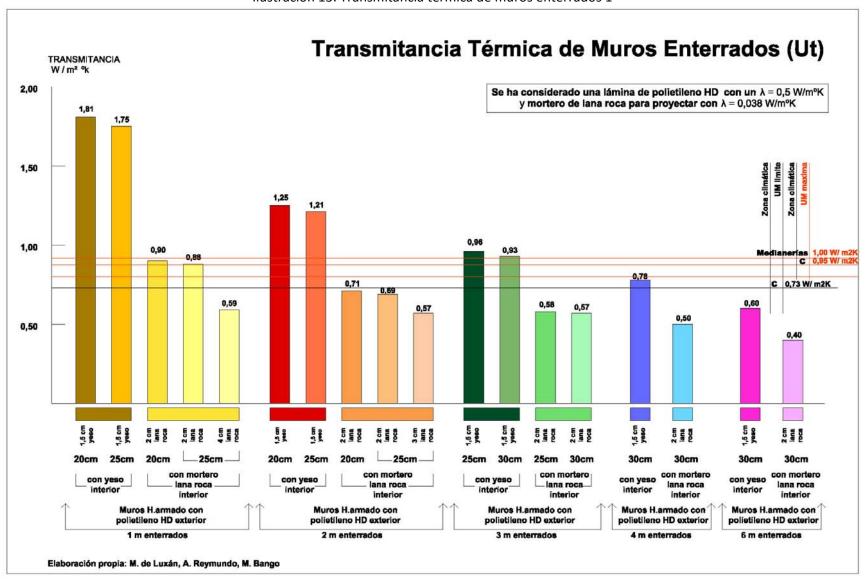
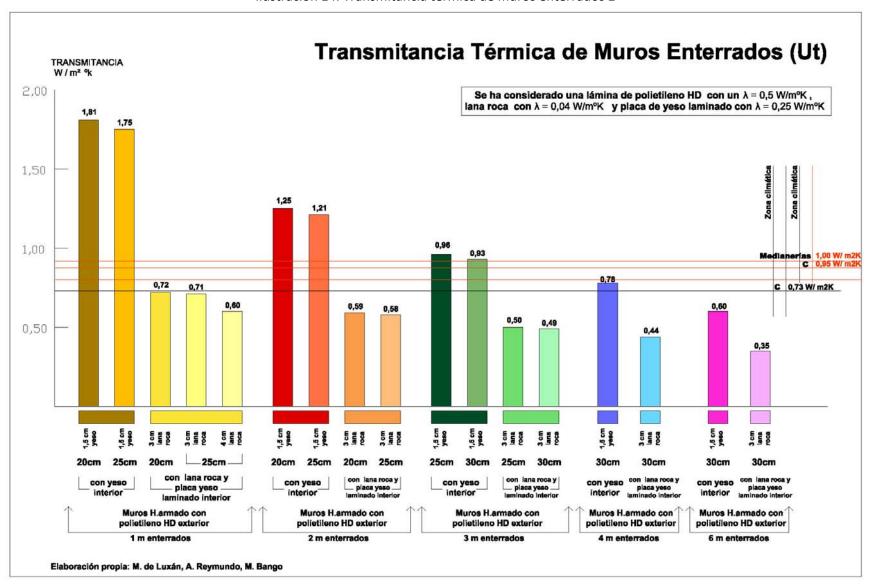


Ilustración 14. Transmitancia térmica de muros enterrados 2



5.2 LOS HUECOS

5.2.1 LA TRANSMITANCIA TÉRMICA

En cuanto a la transmitancia por los huecos, tendremos en cuenta la limitación de varios factores que se indican a continuación y, como vemos, *el DB-HE-1* se distingue dichos límites para cada fachada. El documento penaliza las *fachadas norte* y considera óptimas las fachadas sur en cuanto a exigencias de transmitancia.

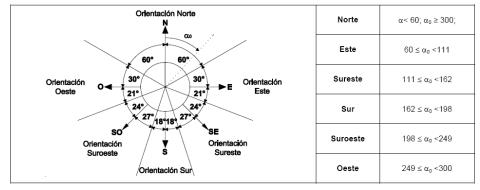
Tabla 8.

Transmitancias límites en función de la orientación de la fachada (zona C2)

% de superficie de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ U _{Hlim} W/m ² K					solar n a intern	nodificad a baja		de huec ja interna	
de nuecos	N	E/O	s	SE/SO	E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	4,4	4,4	4,4	4,4	-	-	-	-	-	
de 11 a 20	3,4 (4,2)	3,9 (4,4)	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,9 (3,3)	3,3 (3,8)	4,3 (4,4)	4,3 (4,4)	-	-	-	0,60	-	-
de 31 a 40	2,6 (2,9)	3,0 (3,3)	3,9 (4,1)	3,9 (4,1)	-	-	-	0,47	-	0,51
de 41 a 50	2,4 (2,6)	2,8 (3,0)	3,6 (3,8)	3,6 (3,8)	0,59	-	-	0,40	0,58	0,43
de 51 a 60	2,2 (2,4)	2,7 (2,8)	3,5 (3,6)	3,5 (3,6)	0,51	-	0,55	0,35	0,52	0,38

⁽¹⁾ En los casos en que la transmitancia media de los muros de fachada U_{Mm}, definida en el apartado 3.2.2.1, sea inferior a 0,52 W/m²K se podrá tomar el valor de U_{Him} indicado entre paréntesis para las zonas climáticas C1, C2, C3 y C4.

Ilustración 15. Orientación de fachadas según el DB-HE1



Los factores que intervienen en la limitación de ganancias-pérdidas indeseables, para los huecos son:

La transmitancia por el propio vidrio y por el marco de la carpintería. (hay que controlar la absortividad del marco, cuanto más oscuro sea su color, mayores captaciones tendrá y se recalentará en condiciones de verano)

El Factor solar: es decir, las condiciones del vidrio para evitar ganancias o pérdidas térmicas indeseables. (Por ejemplo vidrios de baja emisividad, reflectantes,...)

El factor sombra que se pueda añadir a los huecos de las distintas fachadas mediante:

- a.- Voladizos
- b.- Retranqueos del hueco sobre la fachada
- c.- Lamas horizontales.
- d.- Lamas verticales
- e.- Toldos.
- 4) La Permeabilidad al aire de las carpinterías.

Así pues, igual que hicimos con los muros, en este paso debemos:

Tener en cuenta el % de huecos en fachada para elegir la tabla en la que debemos entrar.

Escoger un tipo de carpintería que no alcance la "U" límite de la zona climática.

En estas tablas se han analizado las carpinterías más habituales y sostenibles por fabricación o ciclo de vida con que se construye en Lorca, para fachadas con porcentajes de huecos entre 11 y 50%.

Se estima que en porcentajes mayores de huecos en fachadas, el ahorro energético queda seriamente comprometido ya que las fachadas son más vulnerables a tener ganancias o pérdidas térmicas indeseables, a la vez que disminuye la capacidad de conseguir el confort por sistemas pasivos, dada la disminución de porcentaje de muro ciego.

Los tipos de marco que se han analizado son:

- 1) Marco de madera. (Debe tener acreditada la sostenibilidad de su procedencia.)
- 2) Marco de aluminio.
- 3) Marco de aluminio con rotura de puente térmico.
- 4) Marco de PVC. (Ocupa mucha proporción del hueco si éste es pequeño y en climas con una exposición solar elevada hay que tener en cuenta el envejecimiento del material)

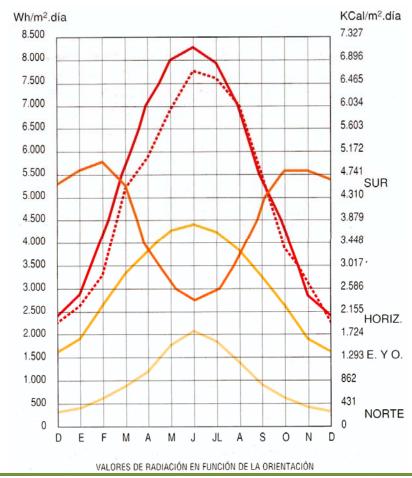
Todas se han analizado con diferentes tipos de vidrios (simples, dobles, de baja emisividad.....) con cámara de 8 y 12 mm, calculándose la transmitancia para cada una de ellas con su vidrio correspondiente.

Hay que decir que porcentajes de vidrio en fachada superiores al 30% comprometen el aprovechamiento adecuado de la inercia térmica, necesaria en la arquitectura solar pasiva

Para el clima de Lorca, y más a la vista de las tendencias climáticas, si se escogen vidrios de baja emisividad, la capa reflectante debe estar en el vidrio exterior, en la cara interna que da a la cámara.

En Lorca <u>deben evitarse los lucernarios con vidrios horizontales</u> que no pueden protegerse de la radiación solar, ya que suponen pérdidas en invierno y aportes indeseables en verano (hasta mas de 8.000 wh/m².día en el mes de Junio, como puede verse en la gráfica).

Ilustración 16. Valores de radiación en función de la orientación



Valores teóricos de radiación en función de la orientación para 40ºN. Se ha añadido en línea discontinua la radiación real incidente en un plano horizontal a 37º30' para comprobar la apreciable validez de este gráfico para Lorca.

Aparecen a continuación una serie de tablas. Las de dobles acristalamientos con cámaras de 10 mm, que pueden alojarse en carpinterías más económicas; y con cámara de 12 mm que exigen carpinterías más anchas.

El aislamiento térmico en los vidrios depende del tamaño de la cámara y de la existencia de la adición de la lámina o tratamiento de baja emisividad, siendo prácticamente independiente del grosor de los vidrios, sin diferencia entre los de 6, 5 y 4 mm.

El aislamiento al ruido en los vidrios depende de la masa, y mejora si en un sistema de vidrio doble éstos son de grosor diferente. Así sería óptimo combinar un vidrio de 6 mm. y otro de 5 mm.

El usar vidrios de distinto espesor y compuestos en una de las capas, mejora entre el 10% y el 20% el aislamiento al ruido.

Comparando como ejemplo: (composición del vidrio del exterior al interior)

Vidrio plano 6mm+Tratamiento de baja emisividad+ Cámara 6mm+ Vidrio plano 6 mm

Espesor 18 mm
Peso 30,0 Kg/m2
Transmitancia 2,5 W/m2.K
Atenuación 30 dB

Vidrio plano 6mm+Tratamiento de baja emisividad+ Cámara 8mm+ Vidrio plano 4 mm

Espesor 18 mm
Peso 25,0 Kg/m2
Transmitancia 2,1 W/m2.K
Atenuación 33 dB

Vidrio plano 6mm+ Tratamiento de baja emisividad +Cámara 8mm+Vidrio plano 3mm+PVB silence 0,38mm+Vidrio plano 3mm

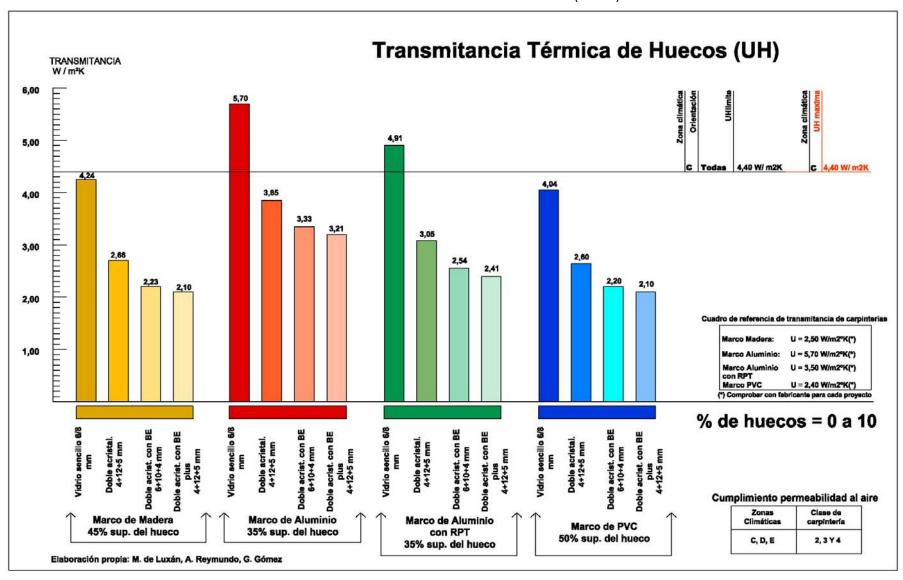
Espesor nominal 20 mm
Peso 30,4 Kg/m2
Transmitancia 2,1 W/m2.K
Atenuación 36 dB

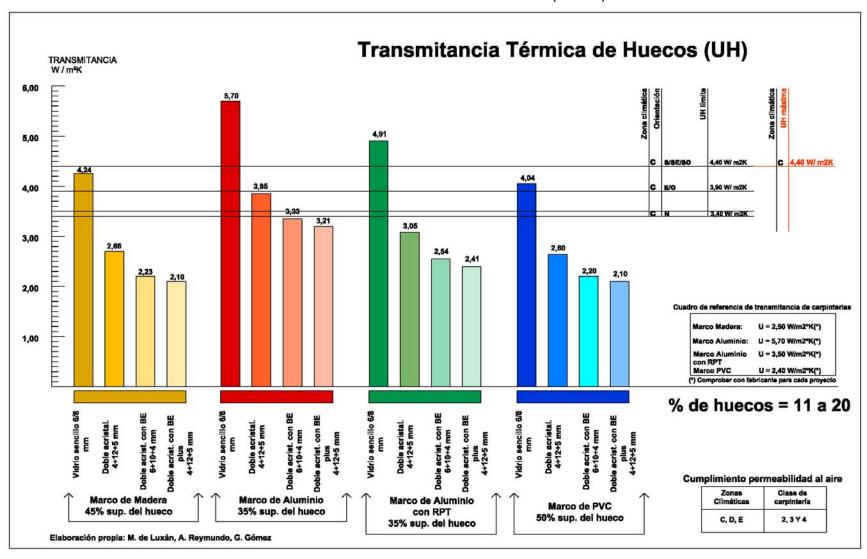
Se recomendarían como solución en zonas urbanas ruidosas:

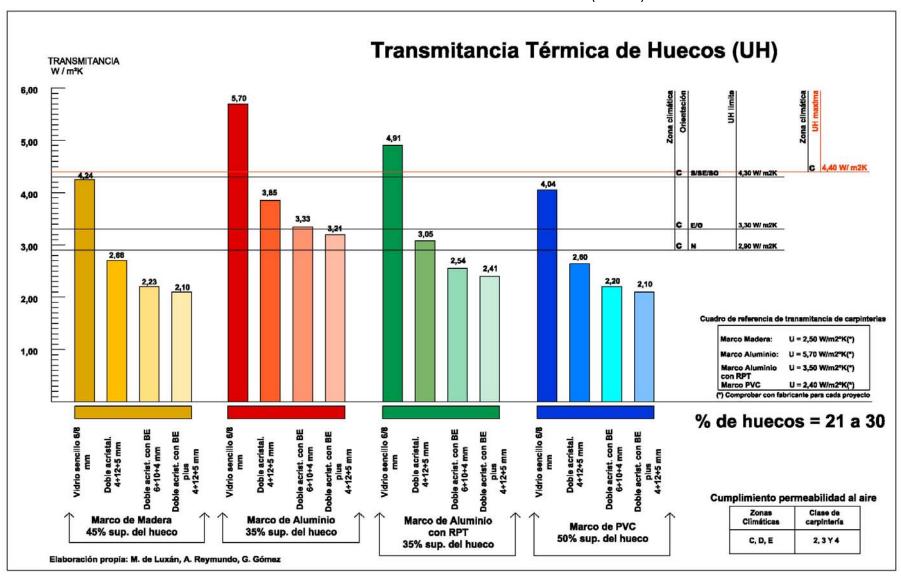
Vidrio plano 6mm+ Tratamiento de baja emisividad + Cámara 8mm+ Vidrio plano 5 mm.

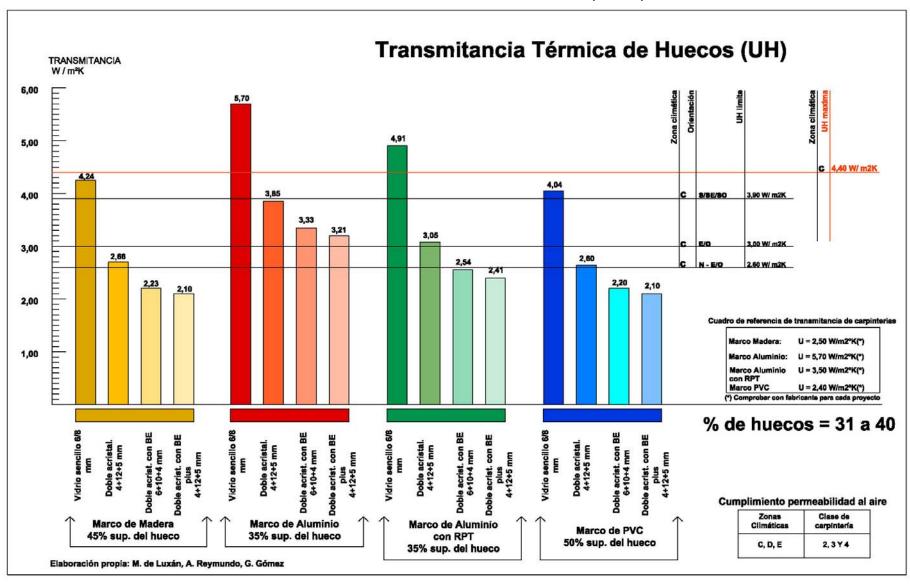
En huecos en los que haya menos ruidos, para ahorrar peso, material y costo, se podría colocar:

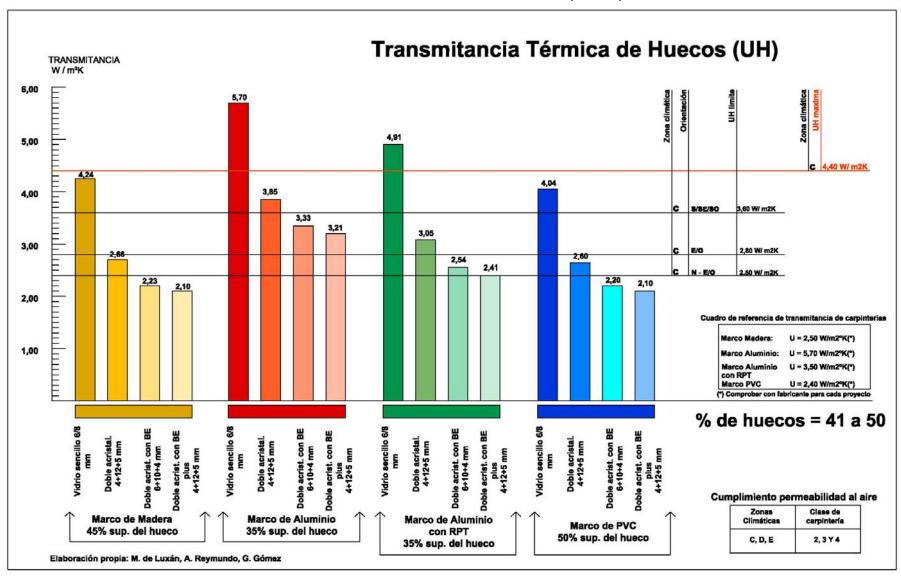
Vidrio plano 6mm+ Tratamiento de baja emisividad + Cámara 8mm+ Vidrio plano 4 mm.

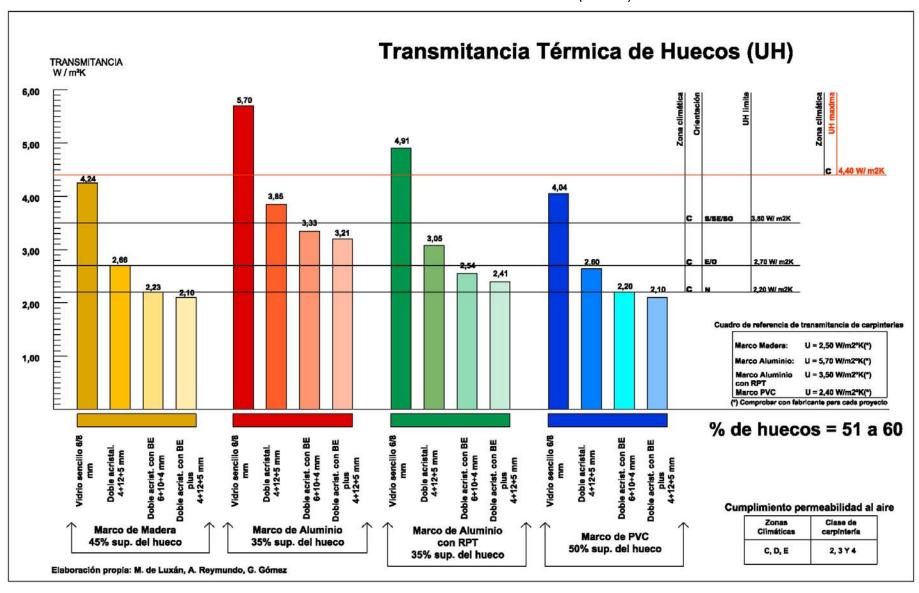












5.2.2 EL FACTOR SOLAR MODIFICADO

Según el CTE, no existe ningún tipo de obligación de proteger los huecos de la radiación solar en las fachadas sur, cualquiera que sea el porcentaje de huecos de las mismas (hasta el 60%) y para las fachadas E/O o SE/SO, sólo a partir del 40% de porcentaje de huecos.

Para espacios de baja carga interna como son las viviendas, para la zona climática de Lorca se recomienda que se incorporen protecciones solares como se indica en los climogramas ya que:

La captación de radiación solar durante los meses más cálidos por dichas fachadas, produciría sobrecalentamientos indeseables de las viviendas fundamentalmente durante los meses de verano, y algunos casos en primavera y otoño. Para el clima de Lorca, actualmente son necesarias las protecciones solares durante todo el día en los meses de Junio, Julio, Agosto y Septiembre.

Son necesarias las protecciones solares durante las horas centrales del día de Mayo y Octubre. Son necesarias las protecciones durante los mediodías de Abril.

Las tendencias climáticas pueden hacer necesario extender los periodos de protección.

Por tanto, las recomendaciones serían:

NO tener elementos de protección solar fijos, que impidan el soleamiento de Noviembre a Marzo.

Se puede contar con elementos de protección solar fijos, que protejan de Abril a Septiembre.

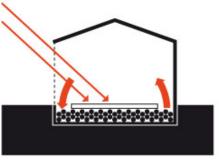
Tener elementos móviles que se puedan accionar para el resto de las ocasiones.

5.2.3 ESTRATEGIAS DE DISEÑO SOLAR PASIVO

a) TAMAÑO ADECUADO DE LOS HUECOS

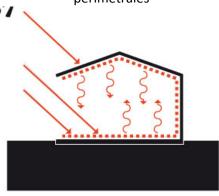
La estrategia óptima sería utilizar un porcentaje de huecos que permita aprovechar la inercia térmica de los muros y forjados y captar la radiación solar necesaria para el confort de la zona en los meses fríos.

Ilustración 23. Sistema de captación directa. Acumulación en elementos bajo el suelo



Fuente: de Luxán et Al, 2011

Ilustración 24. Sistema de captación directa. Acumulación en superficies perimetrales



Fuente: de Luxán et Al, 2011

Para calefactar por sistemas pasivos captando radiación solar, la superficie de vidrio doble orientado al sur, oscila entre el 12% y el 20% de la superficie útil del local a calefactar, para una zona climática C.

En el caso de utilizar vidrios de baja emisividad, para calentar en invierno, la superficie de vidrio orientado al sur, oscilaría entre el 16% y el 25% de la superficie útil del local a calefactar.

b) PROTECCIONES SOLARES

El diagrama bioclimático de Givoni define para qué meses serán necesarias las protecciones solares. Dependiendo de la orientación de la fachada en que se encuentre el hueco, se elegirá el tipo de protección solar más adecuada.

Ilustración 25. Protecciones solares

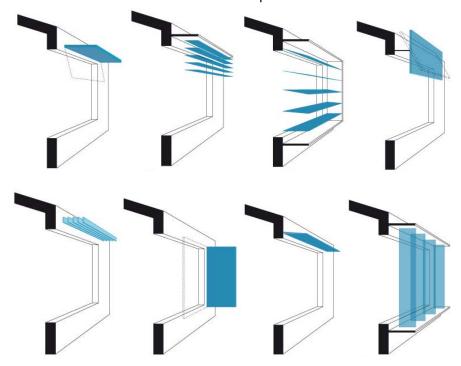
Protección solar por persianas

Protección solar por celosías

Protección solar por toldos

Protección solar por umbráculos

Ilustración 26. Protección solar por elementos móviles



Fuente: de Luxán, 2011

c) MEJORA DE LOS VIDRIOS Y LAS CARPINTERÍAS

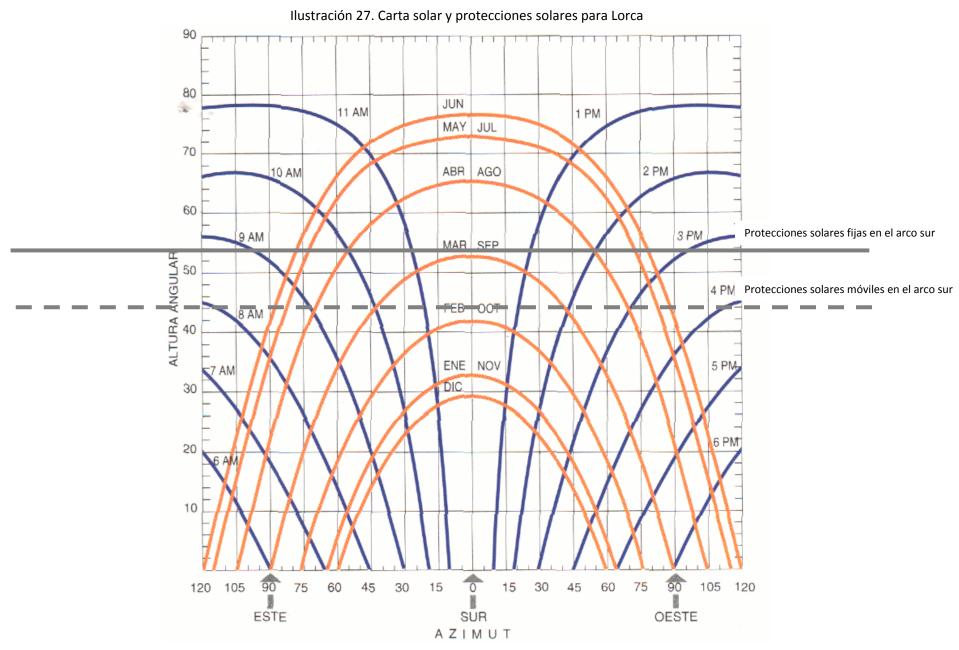
Dado que es más eficaz la protección solar del hueco que mejorar el vidrio y la carpintería, se recomienda hacer esto último sólo cuando una vez diseñada la protección solar, ésta resulte aún insuficiente para garantizar el confort térmico.

IMPORTANTE: Elección de protecciones solares adecuadas.-

Cabe destacar que el CTE no especifica que existen protecciones solares adecuadas para huecos con determinada orientación, y algunas resultan bastante ineficaces. Por ejemplo: una protección con voladizo en una fachada oeste, es ineficaz, ya que cuando el sol es más molesto, está casi horizontal y el voladizo no daría sombra al hueco.

Serán mejores las protecciones horizontales para los huecos orientados al sur, y las verticales para los huecos orientados al este y oeste; siempre serán más eficaces las protecciones el exterior del vidrio para evitar el efecto invernadero.

Para calcular las protecciones, contamos con la carta solar correspondiente a la latitud de Lorca. Se marcan la protecciones para los huecos en las fachadas sureste, sur y suoreste en las que se situarían los huecos captores.



La eficacia de las distintas protecciones y su posición al interior o exterior se refleja en los cuadros siguientes:

Tabla 9. Valor de factor de sombra según tipo de protección

Tipo	de	Posición	Acabado	Estado	Factor de
protección					sombra
Persiana		interior	oscuro	medio bajada	0,91
enrollable					
Persiana		interior	medio	medio bajada	0,81
enrollable					
Persiana		interior	oscuro	totalmente	0,75
veneciana				bajada	
Persiana		interior	claro	medio bajada	0,71
enrollable					
Persiana		interior	medio	totalmente	0,65
veneciana				bajada	
Persiana		interior	medio	totalmente	0,62
enrollable				bajada	
Cortina de tela		interior	oscuro	totalmente	0,58
				echada	
Árbol		exterior	ligero		0,60-0,50
Persiana		interior	blanca	totalmente	0,56
veneciana				bajada	
Cortina de tela		interior	claro	totalmente	0,47
				echada	
Persiana		interior	aluminio	totalmente	0,45
veneciana			reflectante	bajada	
Persiana		exterior		despegada de	0,43
veneciana				fachada y bajada	
				2/3	
Persiana		interior	blanco	totalmente	0,41
enrollable				bajada	
Cortina de tela		interior	blanco	totalmente	0,40
				echada	

Tipo de protección	Posición	Acabado	Estado	Factor de sombra
Aletas verticales	exterior en		fijas	0,31
	fachada este y			
	oeste			
Pantalla de rejilla	exterior		fija	0,28
de aluminio				
Toldo	exterior	oscuro o medio		0,25
	despegado			
Parasol horizontal	exterior en		continuo	0,25
	fachada sur			
Pantalla rejilla	exterior	color bronce		0,23
densa				
Árboles	exteriores		sombra muy	0,25-0,20
			densa	
Persiana	exterior	blanco o crema		0,15
veneciana				
Persiana	exterior	blanca	separada de	0,15
veneciana			fachada	
Lamas	exteriores		móviles	0,15-0,10
horizontales				
Lamas verticales	exteriores en		móviles	0,15-0,10
	fachadas este			, ,
	u oeste			
Persiana	exterior	oscura	totalmente	0,15-0,10
enrollable			bajada	-,,

Fuente:: M. de Luxán, G. Gómez y A. Reymundo

Tabla 10. Valor de factor solar según tipo de vidrio

Tipo de	Espesor	Tratamiento	Factor solar		
vidrio			0.04		
Simple	4		0,91		
	6		0,85		
	10		0,80		
	6	gris plata	0,66		
	6	pintura ligeramente coloreada en cara	0,65-0,60		
		interior			
	6	tintado color medio oscuro	0,52		
	6	absorbente	0,52 -0,35		
	6	reflectante	0,57-0,78		
	6	lámina metalizada gris oscuro adosada	0,35-0,20		
	6	pintura plástica en cara interior de	0,50-0,20		
		vidrio oscuro traslúcido			
Doble	6+6+6		0,72		
	6+8+6		0,72		
•	6+12+6		0,72		
•	6+12+6	absorbente	0,47-0,67		
	6+12+6	reflectante	0,11-0,45		
	6+6+6	baja emisividad	0,65		
	6+8+6	_	0,65		
	6+12+6		0,65		
	0+12+0	<u> </u>	0,03		

5.3 LAS CUBIERTAS

En cuanto a la transmitancia térmica de las cubiertas, el código establece unas resistencias superficiales en función de los flujos ascendente (para cubiertas) o descendente (para suelos), haciendo una vez más una lectura casi siempre errónea en estas latitudes, de que *lo prioritario para el CTE es no tener pérdidas de calor desde el interior de la vivienda*.

En las cubiertas, especialmente en los meses de verano, los flujos prioritarios no son ascendentes (esto viene, como ya hemos comentado, de modelos de climas fríos donde el flujo ascendente se refiere a las pérdidas energéticas de la calefacción por la cubierta), sino descendentes (hay que evitar las ganancias térmicas por la radiación solar sobre la cubierta, especialmente en verano).

No obstante, y dado que se ha comprobado que afecta de modo insignificante al cálculo el sentido del flujo, hemos considerado el flujo ascendente, (y en suelos descendente) para seguir el criterio del código.

5.3.1 Cubiertas en contacto con el aire exterior.

Es el caso de azoteas planas sobre espacios habitables de vivienda.

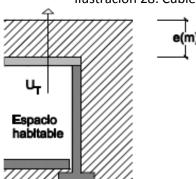
En la página siguiente se han analizado las transmitancias de las cubiertas planas de construcción más habitual en Lorca.

Es relevante observar que NINGUNA cubierta sin aislamiento térmico cumple para el clima de Lorca. Son necesarios aislamientos entre 5 cm y 8 cm.

5.3.2 Cubiertas enterradas

Su transmitancia térmica (U) se calculará como si estuviera en contacto con el ambiente exterior, considerando el terreno como capa homogénea de conductividad λ = 2 W/mK., según la fórmula general:

Ilustración 28. Cubierta enterrada (Figura E.5 DB-HE1)



Ecuación 4. Transmitancia térmica de cubierta enterrada. (Ecuación E.1 DB-HE1)

Siendo R_T la suma de las resistencias térmicas de cada capa + las resistencias térmicas superficiales correspondientes al aire interior y exterior R_{si} y R_{se} según los valores de la siguiente tabla:

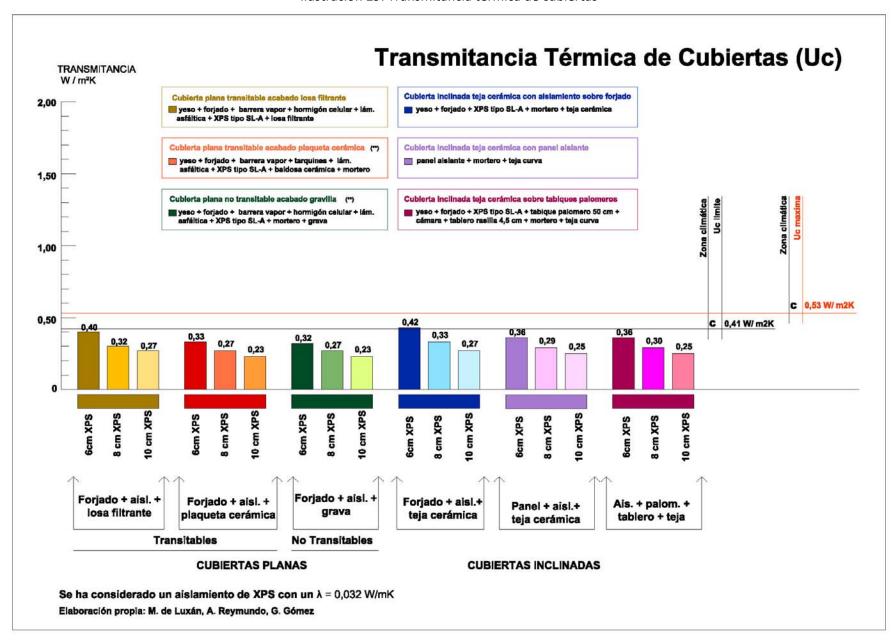
Tabla 11. Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en m2K/W (Tabla E.1 DB HE1)

Posición del cerramiento y sentido del	flujo de calor	Rse	Rsi
Cerramientos verticales o con pen- diente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal	•	0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente		0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente		0,04	0,17

Ecuación 5. Resitencia térmica de cubierta enterrada. (Ecuaciones E.2 y E.3 DB-HE1)

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + ... + R_n + R_{se}$$

Donde R=e/λ



5.4 SUELOS

5.4.1 Suelos en contacto con el terreno

Se parte de una fórmula que relaciona la superficie de la losa o solera con la mitad de su perímetro.

Ecuación 6. Cálculo del cociente entre la superficie del suelo y la longitud de su semiperímetro en una solera. (Ecuación E.4 DB-HE1)

El CTE distingue dos casos:

1) Soleras o losas situadas sobre el nivel del terreno o, como máximos 0.50 m. por debajo de éste.

Se tiene en cuenta la dimensión de una posible banda perimetral de aislamiento y se obtiene la transmitancia entrando en una tabla. (tabla 12) en base a B', y la resistencia térmica del aislante R_a .

Ilustración 30. Soleras con aislamiento perimetral (Figura E.1 DB-HE1)

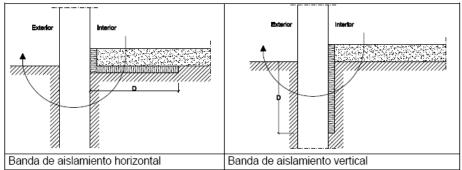


Tabla 12. Transmitancia térmica Us en W/m2K (Tabla E.3 DB-HE1)

Tabla E.3 Transmitancia térmica U_S en W/m² K

			D = 0.5 m				D = 1.0 m			D ≥ 1.5 m						
	R_a		R _a (m² K/W)					R _a (m² K/W)			R _a (m² K/W)					
B'	0,00	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50
1	2,35	1,57	1,30	1,16	1,07	1,01	1,39	1,01	0,80	0,66	0,57	-	-	-		
5	0,85	0,69	0,64	0,61	0,59	0,58	0,65	0,58	0,54	0,51	0,49	0,64	0,55	0,50	0,47	0,44
6	0,74	0,61	0,57	0,54	0,53	0,52	0,58	0,52	0,48	0,46	0,44	0,57	0,50	0,45	0,43	0,41
7	0,66	0,55	0,51	0,49	0,48	0,47	0,53	0,47	0,44	0,42	0,41	0,51	0,45	0,42	0,39	0,37
8	0,60	0,50	0,47	0,45	0,44	0,43	0,48	0,43	0,41	0,39	0,38	0,47	0,42	0,38	0,36	0,35
9	0,55	0,46	0,43	0,42	0,41	0,40	0,44	0,40	0,38	0,36	0,35	0,43	0,39	0,36	0,34	0,33
10	0,51	0,43	0,40	0,39	0,38	0,37	0,41	0,37	0,35	0,34	0,33	0,40	0,36	0,34	0,32	0,31
12	0,44	0,38	0,36	0,34	0,34	0,33	0,36	0,33	0,31	0,30	0,29	0,36	0,32	0,30	0,28	0,27
14	0,39	0,34	0,32	0,31	0,30	0,30	0,32	0,30	0,28	0,27	0,27	0,32	0,29	0,27	0,26	0,25
16	0,35	0,31	0,29	0,28	0,27	0,27	0,29	0,27	0,26	0,25	0,24	0,29	0,26	0,25	0,24	0,23
18	0,32	0,28	0,27	0,26	0,25	0,25	0,27	0,25	0,24	0,23	0,22	0,27	0,24	0,23	0,22	0,21
≥20	0,30	0,26	0,25	0,24	0,23	0,23	0,25	0,23	0,22	0,21	0,21	0,25	0,22	0,21	0,20	0,20

2) Soleras o losas situadas a partir de 0,50 m. por debajo del nivel del terreno.

Se tiene en cuenta la profundidad Z a la que se encuentre la losa o solera con respecto al terreno, B' y la resistencia de la propia losa o solera. (Tabla 13)

Ilustración 31. Solera enterrada (Figura E.2 DB-HE1)

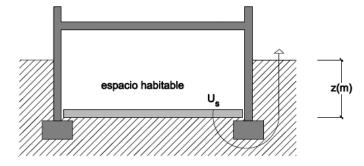


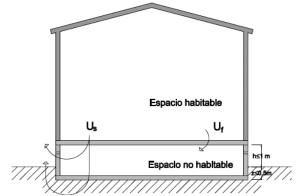
Tabla 13. Transmitancia térmica Us en W/m2K (Tabla E.4 DB-HE1)

	0.5 m < z ≤ 1.0 m			1.	0 m < z	2 ≤ 2.0	m	2.0 m < z ≤ 3.0 m			z > 3.0 m					
		Rf (m	² K/W)			Rf (m	² K/W)			Rf (m	² K/W)			Rf (m²	K/W)	
В'	0,00	0,50	1,00	1,50	0,00	0,50	1,00	1,50	0,00	0,50	1,00	1,50	0,00	0,50	1,00	1,50
5	0,64	0,52	0,44	0,39	0,54	0,45	0,40	0,36	0,42	0,37	0,34	0,31	0,35	0,32	0,29	0,27
6	0,57	0,46	0,40	0,35	0,48	0,41	0,36	0,33	0,38	0,34	0,31	0,28	0,32	0,29	0,27	0,25
7	0,52	0,42	0,37	0,33	0,44	0,38	0,33	0,30	0,35	0,31	0,29	0,26	0,30	0,27	0,25	0,24
8	0,47	0,39	0,34	0,30	0,40	0,35	0,31	0,28	0,33	0,29	0,27	0,25	0,28	0,26	0,24	0,22
9	0,43	0,36	0,32	0,28	0,37	0,32	0,29	0,26	0,30	0,27	0,25	0,23	0,26	0,24	0,22	0,21
10	0,40	0,34	0,30	0,27	0,35	0,30	0,27	0,25	0,29	0,26	0,24	0,22	0,25	0,23	0,21	0,20
12	0,36	0,30	0,27	0,24	0,31	0,27	0,24	0,22	0,26	0,23	0,21	0,20	0,22	0,21	0,19	0,18
14	0,32	0,27	0,24	0,22	0,28	0,25	0,22	0,20	0,23	0,21	0,20	0,18	0,20	0,19	0,18	0,17
16	0,29	0,25	0,22	0,20	0,25	0,23	0,20	0,19	0,21	0,20	0,18	0,17	0,19	0,17	0,16	0,16
18	0,26	0,23	0,20	0,19	0,23	0,21	0,19	0,18	0,20	0,18	0,17	0,16	0,17	0,16	0,15	0,15
≥20	0,24	0,21	0,19	0,17	0,22	0,19	0,18	0,16	0,18	0,17	0,16	0,15	0,16	0,15	0,14	0,14

Esta medida sería necesaria en los climas C con el fin de no tener pérdidas de las ganancias solares ni de la calefacción necesarias en invierno.

5.4.2 Suelos en contacto con cámaras sanitarias.

Ilustración 32. Cámaras sanitarias (Figura 3.8 DB-HE1)



Aplicable para cámaras de aire ventiladas por el exterior con altura $h \le 1m$ y profundidad respecto nivel terreno ≤ 0.5 m.

- Si h fuera mayor a 1m, la transmitancia del suelo (elemento de la envolvente) se calculará como si fuera cerramiento en contacto con el ambiente exterior.
- **Si z fuese mayor a 0.50 m**, se entenderá el suelo como partición interior en contacto con espacio no habitable.

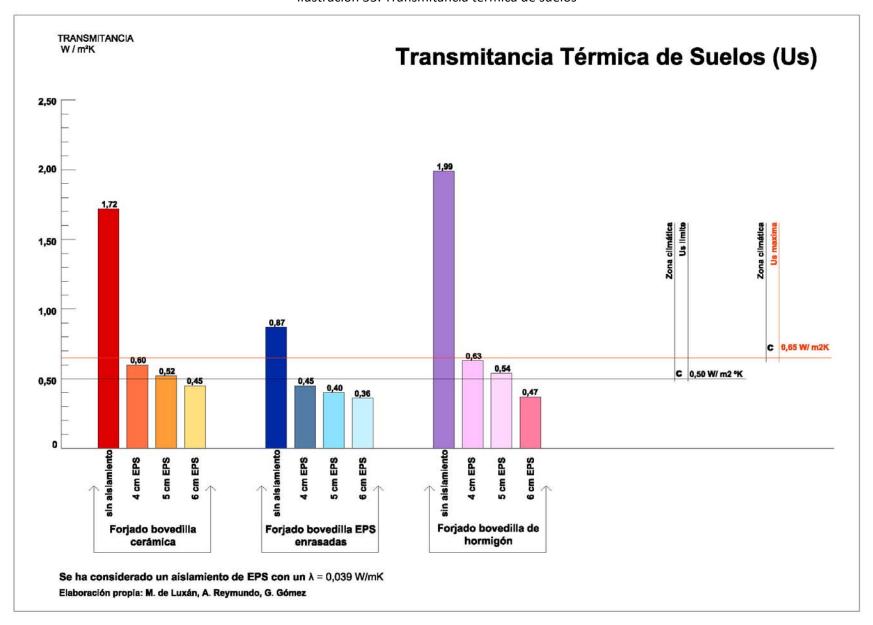
La tabla 12 da la transmitancia del suelo U_s en función del parámetro B' y su resistencia R_f sin considerar las resistencias témicas superficiales R_{si} y R_{se} .

Ecuación 7. Resistencia Térmica de suelos en contacto con cámara sanitaria (Ecuación E 1.3.2 DB-HE1)

$$R_f = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + ... R_n$$

Tabla 14. Transmitancia térmica Us en W/m2K (Tabla E.9 DB-HE1)

	R_{t} (m ² K/W)									
В'	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5				
5	2,63	1,14	0,72	0,53	0,42	0,35				
6	2,30	1,07	0,70	0,52	0,41	0,34				
7	2,06	1,01	0,67	0,50	0,40	0,33				
8	1,87	0,97	0,65	0,49	0,39	0,33				
9	1,73	0,93	0,63	0,48	0,39	0,32				
10	1,61	0,89	0,62	0,47	0,38	0,32				
12	1,43	0,83	0,59	0,45	0,37	0,31				
14	1,30	0,79	0,57	0,44	0,36	0,31				
16	1,20	0,75	0,55	0,43	0,35	0,30				
18	1,12	0,72	0,53	0,42	0,35	0,29				
20	1,06	0,69	0,51	0,41	0,34	0,29				
22	1,00	0,67	0,50	0,40	0,33	0,29				
24	0,96	0,65	0,49	0,39	0,33	0,28				
26	0,92	0,63	0,48	0,39	0,32	0,28				
28	0,89	0,61	0,47	0,38	0,32	0,28				
30	0,86	0,60	0,46	0,38	0,32	0,27				
32	0,83	0,59	0,45	0,37	0,31	0,27				
34	0,81	0,58	0,45	0,37	0,31	0,27				
≥36	0,79	0,57	0,44	0,36	0,31	0,27				



5.5 PARTICIONES INTERIORES

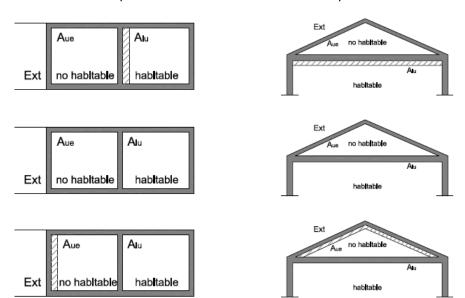
Son las particiones interiores en contacto con espacios no habitables que a su vez estén en contacto con el exterior (excepto suelos en contacto con cámaras sanitarias que se han incluido en el apartado de suelos).

Es el caso, por ejemplo, de cubiertas inclinadas sobre tabiquillos palomeros o plantas bajas sobre garajes.

5.5.1 Caso del aislamiento térmico por el interior

Menos recomendable para el clima de Lorca dadas las severidades de verano

Ilustración 34. Espacios habitables en contacto con espacios no habitables



Ecuación 8. Transmitancia térmica de particiones interiores (Ecuación E 6 DB-HE1)

	,
$U = U_p b$	U _P = Transmitancia de la partición
,	b= coeficiente de reducción de la temperatura

La transmitancia U_p de la partición interior calculada según la fórmula general y tomando como resistencias superficiales los valores de la *tabla 15.,* se corrige por un coeficiente de reducción de temperatura b referido al espacio no habitable. Este coeficiente no es aplicable a las particiones horizontales sobre garaje.

Tabla 15. Resistencias térmicas superficiales de particiones interiores en m2K/W (Tabla E.6 DB-HE1)

Posición del cerramiento y sentido del	flujo de calor	Rse	Rsi
Cerramientos verticales o con pen- diente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal	•	0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente		0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente		0,04	0,17

El coeficiente *b* varía en función de la situación del aislamiento (exterior o interior a este espacio no habitable), del grado de ventilación de dicho espacio, y de la relación entre áreas partición interior-cerramiento.

Tabla 16. Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en m2K/W (Tabla E.7 DB-HE1)

	No aislado,	_{ue} - Aislado _{iu}	No aislado _{ue}	-No aislado _{iu}	Aislado _{ue} -N	lo aislado _{iu}
A_{iu}/A_{ue}	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

CASO 1.- Niveles de estanqueidad 1, 2 o 3 s/ tabla E.8. (Ligeramente ventilado)

CASO 2.- Nivel de estanqueidad 4 o 5. (Muy ventilado)

El CTE favorece la utilización del aislamiento térmico lo más al interior posible, lo cual reduce la efectividad de los sistemas solares-pasivos.

Es decir, una vez más, al ser el DB HE1 una normativa que en general atiende a las mayores exigencias de climas fríos y con menor radiación solar, se prima que la edificación no tenga pérdidas térmicas para minimizar el consumo energético en calefacción de energías no renovables (favorece el uso del aislamiento térmico por el interior) en vez de sacar el máximo rendimiento la posibilidad de acumular la energía solar o el enfriamiento nocturno en los materiales con apreciable inercia térmica que constituyen la envolvente (con la colocación del aislamiento en las caras más exteriores de los cerramientos: muros, cubiertas y forjados) para conseguir las condiciones de confort al interior de la edificación derivadas del aprovechamiento de la radiación solar y las variaciones diarias de las temperatura tanto en verano como en invierno, posibles en el clima de Lorca, minimizando el consumo de otras energías no renovables.

SE PROPONE EL AISLAMIENTO POR EL EXTERIOR.

5.5.2 Caso del aislamiento térmico por el exterior

Recomendable para el clima de Lorca. Se eliminan puentes térmicos y mejor comportamiento solar-pasivo.

El coeficiente de reducción b se calculará para casos distintos a los de la figura E.6 (por ejemplo caso de aislamiento térmico colocado por el exterior del espacio no habitable) mediante la fórmula:

Ecuación 9. Coeficiente de reducción de temperatura b, para el resto de espacios no habitables (Ecuación E 7 DB-HE1)

$$\begin{split} H_{ue} &= \sum \ U_{ue} A_{ue} + 0,34 Q_{ue} \\ H_{iu} &= \sum \ U_{iu} A_{iu} + 0,34 Q_{iu} \end{split}$$

Siendo

Uue la transmitancia térmica del cerramiento del espacio no habitable en contacto con el ambiente exterior, calculado mediante la expresión (E.1) si está en contacto con el aire o mediante la metodología descrita en el apartado E.1.2 si está en contacto con el terreno [W/m2K];

Uiu la transmitancia térmica del cerramiento del espacio habitable en contacto con el no habitable calculado mediante la expresión (E.1) [W/m2K];

Aue el área del cerramiento del espacio no habitable en contacto con el ambiente exterior;

Aiu el área del cerramiento del espacio habitable en contacto con el no habitable;

Que el caudal de aire entre el exterior y el espacio no habitable [m3/h];

Qiu el caudal de aire entre el espacio no habitable y el espacio habitable [m3/h].

Para el cálculo del caudal de aire Que se utilizarán los valores del apartado 2 de la Sección HS3 del DB "Salubridad". En ausencia de datos podrán utilizar los valores de renoaciones hora (h-1) contenidos en la tabla E.8 multiplicados por el volumen del espacio no habitable.

Tabla 17. Tasa de renovación de aire entre espacios no habitables y el exterior (h-¹) (Tabla E.8 DB-HE1)

	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

6 LAS CONDENSACIONES Y LOS PUENTES TÉRMICOS

Para comprobar esta limitación, se compara el factor de temperatura de la superficie interior f_{Rsi} y el factor de temperatura de la superficie interior mínimo $f_{Rsi,min.}$ para las condiciones interiores y exteriores correspondientes al mes de enero.

El CTE presenta la tabla~18 donde ya se ha calculado f_{Rsmin} para las distintas zonas climáticas y clases de higrometría, lo que facilita las comprobaciones. Para Lorca es la zona C.

Tabla 18. Factor de temperatura de la superficie interior mínimo f_{Rsmin} (Tabla 3.2 DB-HE1)

Categoría del espacio	ZONAS	ZONAS	ZONAS C	ZONAS	ZONAS
Clase de higrometría 5	0.80	0.80	0.80	0.90	0.90
Clase de higrometría 4	0.66	0.66	0.69	0.75	0.78
Clase de higrometría 3 o inferior a 3	0,50	0.52	0.56	0.61	0.64

No existirán condensaciones superficiales cuando el factor de temperatura de superficie interior del cerramiento (f_{Rsi}) sea mayor que el valor límite (f_{Rsmin}).

El factor de temperatura superficial f_{Rsi} para cada cerramiento, partición interior o puente térmico se calcula a partir de su transmitancia térmica mediante la fórmula siguiente:

Ecuación 10. Cálculo del factor de temperatura superficial f_{Rsi} (Ecuación G.6 DB HE1)

U= Transmitancia térmica del cerramiento, partición interior o puente térmico del cerramiento. f_{Rsi} = Factor de temperatura de la superficie interior.

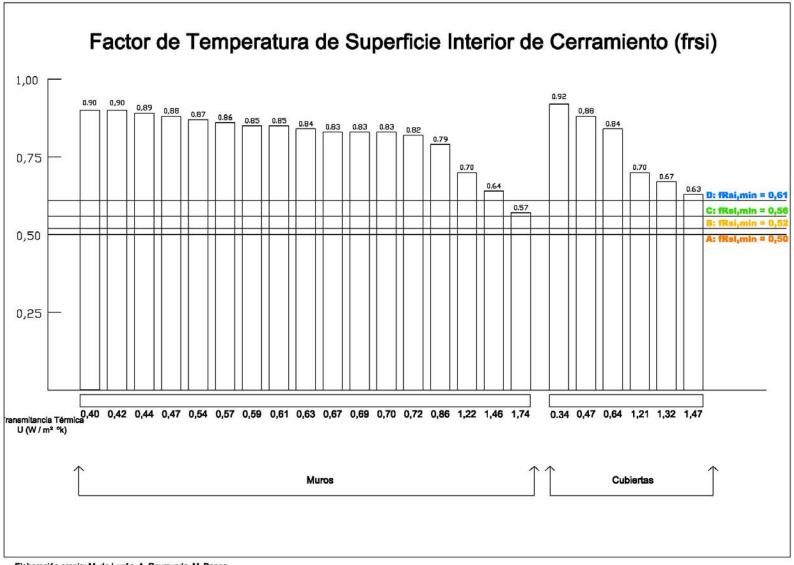
Por otro lado, y como se refleja en el apartado 3.2.3.1 del CTE, el cumplimiento de los valores de transmitancia máxima de la tabla 2.1 (Tabla 5 de este documento) asegura, para los cerramientos y particiones interiores de los espacios de clase higrométrica 4 o inferior (incluyendo por tanto las viviendas), la verificación de la inexistencia de condensaciones superficiales.

<u>Los puentes térmicos, en cambio, deben comprobarse:</u> con la fórmula anterior. La f_{Rsi} obtenida debe ser mayor que el f_{Rsmin} .

Las particiones interiores que linden con espacios no habitables en los que se prevea escasa producción de vapor de agua, y los cerramientos en contacto con el terreno, tampoco exigen verificación de condensaciones superficiales.

A efectos de facilitar la cumplimentación, el gráfico de la página siguiente nos da el factor, f_{Rsi} , en función de la transmitancia térmica U del cerramiento elegido, así como los límites $f_{Rsmin.}$ para cada zona climática (para el caso de vivienda, clase de higrometría 3 o inferior).

Ilustración 35. Factor de temperatura superficial interior de cerramiento



Elaboración propia: M. de Luxán, A. Reymundo, M. Bango

6.1.1 Condensaciones intersticiales

Se comparará la presión de vapor y la presión de vapor de saturación que existe en cada punto intermedio de un cerramiento formado por diferentes capas, para las condiciones interiores y exteriores del mes de enero.

En lo que respecta a las condiciones interiores, el CTE parte de una temperatura del ambiente interior igual a 20°C, y una humedad relativa del ambiente interior en función de la clase de higrometría del espacio. Así, para viviendas (clase 3 o inferior), usaremos 55%.

Si se conociese el ritmo de producción de la humedad interior y la tasa de renovación, o si dispusiese del dato de la humedad relativa interior, se procederá como se describe en el apartado anterior de condensaciones superficiales.

Las condiciones exteriores son las especificadas también en el apartado de condensaciones superficiales.

No existirán condensaciones intersticiales si la presión de vapor en la superficie de cada capa P_v es inferior a la presión de vapor de saturación P_s .

Para cada cerramiento objeto se calculará:

la <u>distribución de temperaturas</u> (ver ecuaciones 11, 12 y 13)

la <u>distribución de presiones de vapor de saturación</u> para las temperaturas antes calculadas (ecuaciones 14, o *ábaco Presión de Saturación* de los manuales de aislamiento que se adjunta en la página siguiente)

la distribución de presiones de vapor (ecuaciones 15 y 16)

Los cerramientos en contacto con el terreno y los que dispongan de barrera contra el paso de vapor de agua en la cara caliente del cerramiento están exentos de comprobación de estas condensaciones intersticiales.

En caso de particiones interiores en contacto con espacios no habitables donde se prevea gran producción de humedad, se colocará barrera de vapor en el lado de dicho espacio no habitable.

Se considerará nula la cantidad de agua condensada admisible en los materiales aislantes, salvo justificación expresa en el proyecto.

Ecuación 11. Cálculo de la temperatura superficial exterior θ se (Ecuación G.7 DB-HE1)

$$\theta_{\text{se}} = \theta_{\text{e}} + \frac{R_{\text{se}}}{R_{\text{T}}} \cdot (\theta_{\text{i}} - \theta_{\text{e}})$$

θe la temperatura exterior de la localidad en la que se ubica el edificio según G.1.1 correspondiente a la temperatura media del mes de enero [ºC];

θi la temperatura interior definida en el apartado G.1.2.2 [ºC];

RT la resistencia térmica total del componente constructivo obtenido mediante la expresión (E.2) [m2 K/ W];

Rse la resistencia térmica superficial correspondiente al aire exterior, tomada de la tabla E.1 de acuerdo a la posición del elemento constructivo, dirección del flujo de calor y su situación en el edificio [m2 K/W].

Ecuación 12. Cálculo de la temperatura en cada una de las capas que componen el elemento constructivo según las expresiones siguientes (Ecuación H.8 DB-HE1)

$$\theta_1 = \theta_{se} + \frac{R_1}{R_T} \cdot \left(\theta_i - \theta_e\right)$$

$$\theta_2 = \theta_1 + \frac{R_2}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

$$\theta_{n} \, = \theta_{n-1} + \frac{R_{n}}{R_{T}} \cdot \left(\theta_{i} - \theta_{e} \, \right)$$

siendo

θse la temperatura superficial exterior [ºC];

θe la temperatura exterior de la localidad en la que se ubica el edificio obtenida del apartado G.1.1 correspondiente a la temperatura media del mes de enero [ºC];

θi la temperatura interior definida en el apartado G.1.2.2 [ºC];

 θ 1... θ n-1 la temperatura en cada capa [$^{\circ}$ C].

R1, R2...Rn las resistencias térmicas de cada capa definidas según la expresión (E.3) [m2K/W];

RT la resistencia térmica total del componente constructivo, calculada mediante la expresión (E.2) [m2 K/ W];

Ecuación 13. Cálculo de la temperatura superficial interior θ_{si} (Ecuación G.9 DB-HE1)

$$\theta_{si} = \theta_n + \frac{R_{si}}{R_{\tau}} \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

siendo

θe la temperatura exterior de la localidad en la que se ubica el edificio obtenida del apartado

G.1.1 correspondiente a la temperatura media del mes de enero [ºC];

θi la temperatura interior definida en el apartado G.1.2.2 [ºC];

θn la temperatura en la capa n [ºC];

Rsi la resistencia térmica superficial correspondiente al aire interior, tomada de la tabla

E.1 de acuerdo a la posición del elemento constructivo, dirección del flujo de calor y su situación en el edificio [m2 K/W].

RT la resistencia térmica total del componente constructivo calculada mediante la expresión (E.2) [m2 K/ W];

Ecuación 14. Cálculo de la presión de saturación de vapor (Ecuaciones G14 y G15 DB-HE1)

a) Si la temperatura (θ) es mayor o igual a 0 °C: $P_{sat} = 610.5 \cdot e^{\frac{17.209 \cdot \theta}{237.3 + \theta}}$

b) Si la temperatura (θ) es menor que 0 °C: $P_{sat} = 610.5 \cdot e^{\frac{21.875 \cdot \theta}{205.5 + \theta}}$

Tabla 19. Presión de saturación P, en mbar del vapor de agua

l'empe	ratura									
oc	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
	A 100 A	THE SEA MARKET	16.0103 (06.00)	position (Meacon)	Western British	SOURCES THE AND	10.00.00 0000000	Internation of Section	CONTRACTOR DOORS	11/2/00/2019/00/20
+34	53,24	53,54	53,84	54,14	54,44	54,74	55,05	55,35	55,66	55,9
+33	50,34	50,63	50,92	51,20	51,49	51,78	52,07	52,36	52,65	52,9
+32	47,59	47,86	48,13	48,40	48,67	48,95	49,23	49,51	49,78	50,0
						46,26	46,52	46,79	47,05	47,3
+31	44,96	45,22	45,48	45,74	46,00					
+30	42,46	42,71	42,95	43,20	43,45	43,69	43,95	44,20	44,45	44,7
+29	40,08	40,32	40,55	40,79	41,03	41,26	41,50	41,74	41,98	42,2
+28	37,82	38,05	38,27	38,49	38,72	38,94	39,17	39,40	39,63	39,8
+27	35,67	35,89	36,10	36,31	36,53	36,73	36,95	37,17	37,39	37,6
								35,05	35,25	35,4
+26	33,59	33,83	34,03	34,23	34,44	34,63	34,84			33,4
+25	31,68	31,86	32,05	32,24	32,44	32,62	32,82	33,01	33,21	33,4
+24	29,84	30,01	30,20	30,38	30,56	30,74	30,93	31,12	31,30	31,4
+23	28,09	28,26	28,42	28,60	28,77	28,94	29,13	29,30	29,84	29,6
+22	26,57	26,60	26,76	26,92	27,09	27,25	27,42	27,58	27,76	27,9
+21	24,86	25,02	25,17	25,33	25,48	25,64	25,80	25,96	26,12	26,2
+20	23,38	23,52	23,66	23,81	23,96	24,10	24,26	24,41	24,56	24,7
+19	21,97	22,10	22,24	22,38	22,52	22,66	22,80	22,94	23,09	23,2
+18	20,64	20,76	20,89		21,16	21,29		21,56	21,69	21,8
+17	19,37	19,49	19,61	19,74	19,86	20,00	20,13	20,25	20,37	20,5
+16	18,17	18,29	18,41	18,53	18,65	18,77	18,89	19,01	19,13	19,2
+15	17,05	17,16	17,27	17,39	17,49	17,60	17,72	17,83	17,95	18,0
+14	15,99	16,08	16,19	16,29	16,40	16,51	16,61	16,72	16,83	16,9
							15,57	15,68	15,77	15,8
+13	14,97	15,07	15,17	15,27	15,37	15,47				
+12	14,03	14,12	14,21	14,31	14,40	14,49	14,59	14,68	14,77	14,8
+11	13,12	13,21	13,31	13,39	13,48	13,57	13,65	13,75	13,84	13,9
+10	12,28	12,44	12,46	12,52	12,61	12,69	12,77	12,87	12,95	13,0
+ 9	11,48	11,56	11,64	11,72	11,79	11,87	11,95	12,03	12,12	12,2
+ 8	10,72	10,80	10,87	10,95	11,03	11,09	11,17	11,25	11,32	11,4
+ 7	10,01	10,08	10,16	. 10,23	10,29	10,36	10,44	10,51	10,59	10,6
+ 6	9,35	9,41	9,48	9,55	9,61	9,68	9,75	9,81	9,88	9,9
+ 5	8,72	8,79	8,84	8,91	8,97	9,03	9,10	9,16	9,23	9,2
+ 4	8,13	8,19	8,25	8,31	8,36	8,43	8,48	8,55	8,60	8,6
+ 3	7,57	7,63	7,68	7,75	7,80	7,85	7,91	7,96	8,01	8,0
+ 2	7,05	7,11	7,16	7,21	7,27	7,32	7,36	7,41	7,47	7,5
+ 1	6,57	6,61	6,67	6,71	6,76	6,81	6,85	6,81	6,96	7,0
ō	6,11	6,15	6,20	6,24	6,28	6,33	6,37	6,43	6,47	6,5
.,	F 63	E E 7	E E2	E 40	E 44	E 20	E 25	E 21	F 25	E ^
- 1	5,63	5,57	5,53	5,48	5,44	5,39	5,35	5,31	5,25	5,2
- 2	5,17	5,13	5,08	5,04	5,00	4,96	4,92	4,88	4,84	4,8
- 3	4,76	4,72	4,68	4,64	4,60	4,56	4,52	4,48	4,44	4,4
- 4	4,37	4,33	4,29	4,25	4,23	4,19	4,15	4,12	4,08	4,0
- 5	4,01	3,97	3,95	3,91	3,88	3,84	3,81	3,77	3,75	3,7
	3 60	2 65	2 61	3 50	2 56	3 50	3 40	3 47	3 44	2 4
- 6	3,68	3,65	3,61	3,59	3,56	3,52	3,49	3,47	3,44	3,4
- 7	3,37	3,35	3,32	3,29	3,27	3,23	3,20	3,17	3,15	3,1
- 8	3,09	3,07	3,04	3,01	2,99	2,96	2,93	2,91	2,88	2,8
- 9	2,83	2,81	2,79	2,76	2,73	2,71	2,69	2,67	2,64	2,6
		2,57	2,55	2,52	2,51	2,48	2,45	2,44	2,41	2,4
-10	2,60									

El proceso para obtener la P_s a partir de una temperatura dada, 20,3ºC por ejemplo, utilizando el ábaco de la imagen:

- En la columna ºC que va de +34 a -10, buscamos +20.
- En el encabezado del ábaco, fila de ${}^{\circ}$ C, donde aparece 0,0 0,1 0,2 0,3 0,4...que corresponde a las décimas de grados, localizamos 0,3.
- Para conseguir P_s referida a 20,3°C basta con encontrar el cruce de la columna 0,3 con la fila de +20 (que nace en columna °C). Esto nos da 23,81mbares.

Ecuación 15. Distribución de presión de vapor (Ecuación G.10 DB-HE1)

$$P_1 = P_e + \frac{S_{d1}}{\sum S_{dn}} \cdot (P_i - P_e)$$

$$P_2 = P_1 + \frac{S_{d2}}{\sum S_{dn}} \cdot \left(P_i - P_e\right)$$

$$\boldsymbol{P}_{n} = \boldsymbol{P}_{n-1} + \frac{\boldsymbol{S}_{d(n-1)}}{\sum \boldsymbol{S}_{dn}} \cdot \left(\boldsymbol{P}_{i} - \boldsymbol{P}_{e}\right)$$

siendo

Pi la presión de vapor del aire interior [Pa];

Pe la presión de vapor del aire exterior [Pa];

P1 ...Pn-1 la presión de vapor en cada capa n [Pa];

Sd1 ...Sd(n-1) el espesor de aire equivalente de cada capa frente a la difusión del vapor de agua, calculado mediante la siguiente expresión [m];

Ecuación 16. Cálculo del espesor de aire equivalente (Ecuación G.11 DB-HE1)

$$S_{dn} = e_n \cdot \mu_n$$

donde

μn es el factor de resistencia a la difusión del vapor de agua de cada capa, calculado a partir de valores térmicos declarados según la norma UNE EN ISO 10 456: 2001 o tomado de Documentos Reconocidos:

en es el espesor de la capa n [m].

Tabla 20. Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua

MATER	IAL	Factor de Resistencia a la Difusión del Vapor de Agua μ (adimensional)
Bloque Hormigón Aligera	ado Macizo	6
Forjado Unidireccional	Canto 25 cm	6
entrevigado Hormigón	Canto 30 cm	7
aligerado	Canto 35 cm	8
Hormigón Armado		80
Cámara de aire sin ventila	ar	1
Plaqueta o Baldosa Cerán	nica (ρ=200 kg/m³)	30
Plaqueta o Baldosa de Gr	es	30
Teja de Arcilla		30
Caliza, dureza media (ρ=	1895 kg/m³)	40
Traquita volcánica		15
Roca natural porosa (ρ=1	500 kg/m^3)	15
Piedra artificial (ρ=1700)	kg/m³)	40
Granito (ρ=2600 kg/m³)		10000
Mortero de cemento o cal	$(\rho > 2000 \text{ kg/m}^3)$	10
Yeso (ρ=750 kg/m³)		6
Poliestireno expandido El		20
Poliestireno extruído Roo	fmate	100-160
Caucho Butilo		200000
EPDM		6000

En resumen:

Para justificar el cumplimiento de las condensaciones superficiales nos basaremos en la verificación de la tabla 2.1. (tabla 5 de este documento, salvo en puentes térmicos), o compararemos el factor de temperatura superficial f_{Rsi} obtenido mediante la tabla 18 o la ecuación 14, con la tabla 18 (tabla 3.2 del DB-HE1). del Factor de temperatura de superficie interior mínimo f_{Rsimin} .

En el caso de condensaciones intersticiales podremos recurrir a otras fuentes para la toma de datos de temperatura y humedad relativa en ambiente exterior y al ábaco de Presión de Saturación, para así simplificar el proceso. Una tabla excell que incorpore las fórmulas de distribución de temperaturas y presiones de vapor conseguiría facilitar la justificación.

Para el cálculo analítico de P_i y de P_e, en función de la temperatura y de la humedad relativa, se utilizará la siguiente expresión:

Ecuación 17. Cálculo analítico de Pi (Ecuación G.12 DB-HE1)

$$P_i = \phi_i \cdot P_{sat}(\theta_i)$$

Ecuación 18. Cálculo analítico de Pe (Ecuación G.13 DB-HE1)

$$P_e = \phi_e \cdot P_{sat}(\theta_e)$$

siendo

φi la humedad relativa del ambiente interior definida en el apartado G.1.2.2 [en tanto por 1]; φe la humedad relativa del ambiente exterior definida en el apartado G.1.1 [en tanto por 1].

TO UNE PRESENTANTE PROPERTY CONTRACTOR METERAL SECURIOR PUENTE TÉRMICO $\wedge \wedge \wedge \wedge \wedge \wedge$ PILAR Y VIGA PRIMERA BOVEDILLA DE POREXPÁN **AISLAMIENTO AISLAMIENTO AISLAMIENTO** INERCIA TÉRMICA AL INTERIOR INERCIA TÉRMICA AL EXTERIOR INERCIA TÉRMICA AL INTERIOR PUENTE TÉRMICO $\wedge \wedge \wedge \wedge \wedge \wedge$ PRIMERA BOVEDILL<u>A</u> DE POREXPÁN PUENTE TÉRMICO MEJOR BIEN PEOR Puentes térmicos en pilares y forjados Puentes térmicos en forjados Eliminación de puentes térmicos. Inercia térmica en el interior

Ilustración 36. Análisis de la posición idónea del aislamiento térmico, evitando puentes térmicos y humedades de condensación

7 CUMPLIMENTACIÓN DE FICHAS CTE-DB HE1 CON LA OPCIÓN SIMPLIFICADA

7.1 CUMPLIMENTACIÓN DE LA FICHA 1

1.- En primer lugar, y en el encabezado de la ficha, indicaremos la zona climática de Lorca (C2) correspondiente al proyecto. También indicaremos si la edificación es zona de baja o alta carga interna. (Recordemos que en vivienda siempre es de baja carga interna).

2.- Muros:

Para cada fachada (Norte, Oeste...) indicaremos los distintos tipos de componentes existentes (M_1 , M_2 , P_{F1} ...) según **esquema envolvente térmica**, (Ilustración 3.8) en columna *Tipos* de dicha ficha 1.

Rellenamos a continuación la columna de áreas **A** con las superficies de estos componentes y el valor de las transmitancias obtenidas en los gráficos G1-G2 en la columna **U**, de la ficha 1

Multiplicamos luego las filas de estas dos últimas columnas y reflejamos el resultado en las celdas **A.U.**

Hecho esto, sumamos para cada fachada las columnas **A** y **A.U** y cumplimentamos las casillas correspondientes en la columna **Resultado**s.

Las filas englobadas en *C-Ter* (al final del cuadro) se refieren a los cerramientos en contacto con el terreno (T_1 , T_2 , T_3 , según página 13). Si los muros de la envolvente fuesen de las mismas características sólo habría que anotar la U en la columna de resultados como U_{Mm} y no haría falta calcular las áreas de los mismos.

3.- Suelos: procedemos de la misma manera que en el caso de los muros, siendo los tipos los reflejados en el esquema de la envolvente (S_1, S_2, S_3) . Como no se han podido hacer tablas que simplifiquen los cálculos, se calcularán según lo indicado en el apartado correspondiente.

4.-Cubiertas y lucernarios:

Comenzaremos con la sección de las **transmitancias** de los componentes de las cubiertas (C_1 , C_2 , P_c ,L), que se anotarán en la columna **Tipo**s. Se procede como ya se ha comentado en los otros apartados.

La segunda sección es la referente *al factor solar modificado* de lucernarios, *F*, que aparece en la tercera columna. Indicamos los distintos tipos de lucernarios, sus áreas, y sus factores solares.

Cumplimentamos las dos últimas columnas como en la sección anterior.

Ilustración 37. Ficha 1 Cálculo de los parámetros característicos medios (DB-HE1)

ZON	IA CLIMÁTICA		Zona de baja carga	ainterna □	Zona de alta carga	interna 🛚
ΜU	ROS (U _{Mm}) y (U _{Tm})					
	Tipos	A (m²)	U (W/m²°K)	A· U (W/ºK)	Resultados	
					ΣA=	
z					∑A- U=	
					U _{Mm} =∑A· U / ∑A=	
-					ΣA=	
ш					=U -ΣΛ U (ΣΛ-	
\dashv					$U_{Mm} = \sum A \cdot U / \sum A =$ $\sum A =$	
0						\vdash
ĭŀ					$U_{Mm} = \sum A \cdot U / \sum A =$	
_					ΣA=	
S					ΣA· U=	
					U _{Mm} =ΣΑ· U / ΣΑ=	
					ΣA=	
띯					∑A· U=	
					U _{Mm} =∑A· U / ∑A=	
_					ΣA=	
S					∑A- U=	
					U _{Mm} =∑A· U / ∑A=	
监					ΣA=	
C-TER					ΣA· U=	
					U _{Tm} =∑A· U / ∑A=	
SU	ELOS (Usm)					
	Tipos	A (m ²)	U (W/m²°K)	A- U (W/⁰K)	Resultados	
					ΣA=	
					∑A· U=	
					U _{Sm} =∑A· U / ∑A=	
CU	BIERTAS Y LUCERNA	ARIOS (U _{Cm} , F _{Lm})				
	Tipos	A (m ²)	U (W/m²°K)	A· U (W/ºK)	Resultados	
					ΣA=	<u></u>
					ΣA- U=	
					U _{cm} =ΣA· U / ΣA=	
	Tipos	A (m ²)	F	A· F(m²)	Resultados	Tipos
					ΣA=	
					ΣA· F=	
					$F_{Lm}=\sum A \cdot F / \sum A =$	
		•			•	

5.-Huecos: La sección de la fachada Norte se cumplimenta en primer lugar, y no dispone de limitaciones en cuanto al factor solar modificado. Únicamente se deberá indicar la superficie de huecos y el valor de la transmitancia obtenida en los gráficos, para luego multiplicar sus valores y completar la columna *Resultados*.

En el resto de fachadas y para el caso de viviendas (baja carga interna), únicamente habrá que cumplimentar las columnas **F** y **A.F** en las orientaciones E/O o SE/SO cuando el porcentaje de huecos supere el 40%. Si no ocurre esto, basta indicar las superficies de los huecos y su transmitancia, tal como en la fachada Norte.

En todos los componentes de la envolvente, la última casilla (o últimas para huecos no Norte y >40%) de la columna **Resultados** (U_{Mm} , U_{Tm} , U_{Sm} ...) nos dará los parámetros característicos medios que tendremos que utilizar en la ficha 2.

Se observa que proyectando muros del mismo diseño en todas las fachadas, o empleando una misma clase de cubierta, o utilizando el mismo tipo de huecos, se simplifica bastante la cumplimentación de las fichas, pues se reducen el número de transmitancias a calcular.

No obstante, y como se ha visto, en el caso de los huecos las limitaciones varían con las orientaciones (más favorable la fachada sur más exigente la fachada norte), lo que puede obligar a variar la composición de los mismos.

Como en Lorca por exceso de calor las fachadas con peor orientación son la este y, sobre todo la oeste en verano, se recomienda escoger la carpintería que cumpla a Norte y poner la misma en fachadas este y oeste, sin olvidar las protecciones solares adecuadas (que cubran el hueco de los rayos horizontales de naciente y poniente respectivamente).

ZONA CLIMÁTICA	Zona de baja carga interna 🛚	Zona de alta carga interna 🛚

Н	UECOS (U _{Hm} , F _{Hm})							
	Tipos	A (m²)		U (W/m² ºK)	Α-	U (W/ºK)	Resultados	
							ΣA=	
Z							∑A· U=	
							$U_{Hm} = \sum A \cdot U / \sum A =$	
	Tipos	A (m ²)	U	F	A· U	A· F(m²)	Resultados	Tipos
							ΣA=	
							ΣA· U=	$\overline{}$
ш							ΣA· F=	
							$U_{Hm}=\sum A \cdot U/\sum A=$	
							$F_{Hm} = \sum A \cdot F / \sum A =$	
							ΣA=	
							∑A· U=	
0							∑A· F=	
		1					U _{Hm} =∑A· U / ∑A=	
						ļ	$F_{Hm} = \sum A \cdot F / \sum A =$	
		+					ΣA=	
		1					ΣA· U=	\square
ഗ		+					ΣA· F=	\vdash
		+ +		+ +			UHm =ΣA · U / ΣA=	\vdash
_		+ +		+ +		+	$F_{Hm} = \sum A \cdot F / \sum A =$ $\sum A =$	
		+ +					ΣA: U=	=
띯		+ +		+			ΣA· F=	
0)		1		1				=
							$F_{Hm} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A =$	=
							ΣA=	
		1					ΣA: U=	
S							ΣA· F=	
44							U _{Hm} =ΣA· U / ΣA=	
							$F_{Hm} = \sum A \cdot F / \sum A =$	

Factor solar modificado de huecos y lucernarios.

Para cumplimentar la Ficha 1.

Ecuación 19. Cálculo analítico de Pi (Ecuación E.11 DB-HE1)

$$F = F_S \cdot [(1 - FM) \cdot g_{\perp} + FM \cdot 0.04 \cdot U_m \cdot \alpha]$$

FS el factor de sombra del hueco o lucernario obtenido de las tablas E.11 a E.15 en función del dispositivo de sombra o mediante simulación. En caso de que no se justifique adecuadamente el valor de Fs se debe considerar igual a la unidad;

FM la fracción del hueco ocupada por el marco en el caso de ventanas o la fracción de parte maciza en el caso de puertas;

g $^{\perp}$ el factor solar de la parte semitransparente del hueco o lucernario a incidencia normal. El factor solar puede ser obtenido por el método descrito en la norma UNE EN 410:1998; Um la transmitancia térmica del marco del hueco o lucernario [W/ m2 K]; α la absortividad del marco obtenida de la tabla E.10 en función de su color.

Este último valor g del vidrio lo dará Y CERTIFICARÁ el fabricante.

Tabla 21.Absortividad del marco para radiación α (Tabla E.10 DB-HE1)

Color	Claro	Medio	Oscuro
Blanco	0,20	0,30	
Amarillo	0,30	0,50	0,70
Beige	0,35	0,55	0,75
Marrón	0,50	0,75	0,92
Rojo	0,65	0,80	0,90
Verde	0,40	0,70	0,88
Azul	0,50	0,80	0,95
Gris	0.40	0,65	
Negro		0,96	

7.2 CUMPLIMENTACIÓN DE LA FICHA 2

Como en la ficha 1, en el encabezado **indicaremos la zona** correspondiente al proyecto (C2), así como si la edificación es zona de baja o alta carga interna.

La ficha 2 tiene dos partes:

En su primera parte pretende comparar las transmitancias máximas de los cerramientos y particiones interiores que conforman la envolvente del edificio de proyecto (el mayor valor de U obtenido en los gráficos o fórmulas para cada elemento y que hemos introducido en la ficha 1 en la columna U), con los valores máximos permitidos según la zona climática (Tabla 6).

Así, en la columna (1) $U_{max(proyecto)}$ reflejaremos los valores de la ficha 1, y la columna (2) U_{max} indicaremos los valores de la tabla 6.

La segunda parte de la ficha coteja para cada elemento de la envolvente (muros, huecos (ambos con sus correspondientes orientaciones), suelos, cubiertas...) el valor del parámetro característico medio obtenido en la columna Resultados de la ficha 1 (U_{Mm} , U_{Tm} , U_{Sm} ...) con los valores límite de los parámetros característicos medios de las Tabla 6 (U_{Mlim} , U_{Slim} , U_{Clim} , F_{Llim} , U_{Hlim} , F_{Hlim}).

Ilustración 38. Ficha 2 Conformidad. Demanda energética

Cerramientos y partici	ones interiores de la	a envolvente térmica	1	U _{max(proyecto)} ⁽¹⁾	U _{max} ⁽²⁾
Muros de fachada					
Primer metro del períme	tro de suelos apoyad	los y muros en contac	to con el terreno	} > ≤	[
Particiones interiores en	contacto con espaci	os no habitables			
Suelos				≤	
Cubiertas				≤	
Vidrios y marcos de hue	cos y lucernarios			≤	
Medianerías				[Γ
³ articiones interiores (ed	dificios de viviendas)	(3)		<u> </u>	
MUROS DE FACHADA		HUECOS		≤	1,2 W/m2
·	dificios de viviendas) U _{Mim} (5)	_	U _{Hlim} (5)		
MUROS DE FACHADA U _{Mm} ⁽⁴⁾		HUECOS U _{Hm} ⁽⁴⁾	U _{Hiim} ⁽⁵⁾ ≤	≤	1,2 W/m2
MUROS DE FACHADA U _{Mm} ⁽⁴⁾		HUECOS U _{Hm} ⁽⁴⁾	≤	F _{Hm} ⁽⁴⁾	1,2 W/m ²
MUROS DE FACHADA U _{Mm} (4)	U _{Mlim} (5)	HUECOS U _{Hm} ⁽⁴⁾		≤	1,2 W/m ²
N	U _{Mlim} (5)	HUECOS U _{Hm} ⁽⁴⁾	≤	F _{Hm} ⁽⁴⁾	1,2 W/m ²
MUROS DE FACHADA U _{Mm} (4)	U _{Mlim} (5)	HUECOS U _{Hm} ⁽⁴⁾	≤ [] ≤ []	F _{Hm} ⁽⁴⁾	F _{Him} (5)

(1) Umax(proyecto)

corresponde al mayor valor de la transmitancia de los cerramientos o particiones interiores indicados en proyecto.

- (2) Umax corresponde a la transmitancia térmica máxima definida en la tabla 2.1 para cada tipo de cerramiento o partición interior.
- (3) En edificios de viviendas, Umax(proyecto)

de particiones interiores que limiten unidades de uso con un sistema de calefacción previsto desde proyecto

- con las zonas comunes no calefactadas.
- (4) Parámetros característicos medios obtenidos en la ficha 1.
- (5) Valores límite de los parámetros característicos medios definidos en la tabla 2.2. (Tabla 6 de este documento)

7.3 CUMPLIMENTACIÓN DE LA FICHA 3

Ilustración 39. Ficha 3 Conformidad. Condensaciones

	CERRAMI	ENTOS, PAF	RTICIONES	INTERIO	RES, PUEN	ITES TÉRN	licos		
Tipos	C. superficiales				C. inter	sticiales			
Tipos	$f_{Rsi} \geq f_{Rsmin}$	$P_n \leq P_{\text{sat},n}$	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4	Capa 5	Capa 6	Capa 7
	f _{Rsi}	P _{sat,n}							
	f _{Rsmin}	Pn							
	f _{Rsi}	P _{sat,n}							
	f _{Rsmin}	Pn							
	f _{Rsi}	P _{sat,n}							
	f _{Rsmin}	Pn							
	f _{Rsi}	P _{sat,n}							
	f _{Rsmin}	Pn							
	f _{Rsi}	P _{sat,n}							
	f _{Rsmin}	Pn							
	f _{Rsi}	P _{sat,n}							
	f _{Rsmin}	Pn							
	f _{Rsi}	P _{sat,n}							
	f _{Rsmin}	Pn							
	f _{Rsi}	P _{sat,n}							
	f _{Rsmin}	Pn							

La ficha 3 se ocupa de las condensaciones.

1.-Condensaciones superficiales: Se comprueba la inexistencia de las condensaciones superficiales, para lo que el factor de temperatura de superficie interior del cerramiento (f_{Rsi}) ha de ser mayor que el valor límite (f_{Rsmin}).

Como se explica en el apartado 3.6. del presente manual, tomaremos como valores límite f_{Rsmin} los de la tabla 3.2. (pág.56), y emplearemos el gráfico 6 de la pág.54 o la fórmula general (pág.56) para obtener f_{Rsi} .

Se comprobarán todos los puentes térmicos y aquellos cerramientos o particiones interiores que no cumplan con la tabla 2.1.(pág.17).

Las particiones interiores que linden con espacios no habitables en los que se prevea escasa producción de vapor de agua, y los cerramientos en contacto con el terreno, no exigen verificación de condensaciones superficiales **2.-Condensaciones intersticiales**: No existirán condensaciones intersticiales cuando la presión de vapor en la superficie de cada capa (P_n) sea inferior a la presión de vapor de saturación $(P_{\text{sat.n}})$.

Mediante dos tablas excell y separando el elemento constructivo en capas obtenemos los valores necesarios para comparar estas presiones.

Recordemos que están exentos de comprobación de estas condensaciones los cerramientos y suelos en contacto con el terreno y aquellos que dispongan de barrera contra el paso del vapor de agua en el lado caliente del cerramiento.

8 RESUMEN DE RECOMENDACIONES

A modo de resumen, se recogen las recomendaciones específicas para Lorca, que se encuentran desarrolladas en cada uno de los apartados.

Sobre el soleamiento

Un tema que debe de tenerse siempre en cuenta, es el de la orientación, de fachadas y huecos, partiendo de la irradiancia recibida en cada orientación, en invierno y verano.

También se debería tener en cuenta, que la anchura de las calles, cuándo son estrechas (menos de 2 veces la altura de las edificaciones enfrentadas), hace que las plantas bajas no reciban radiación en invierno, independientemente de su orientación.

La captación de radiación solar durante los meses más cálidos por las fachadas: en muros y a través de los huecos, produciría sobrecalentamientos indeseables de las viviendas fundamentalmente durante los meses de verano, y algunos casos en primavera y otoño.

Sobre los huecos de fachada

Hay que decir que porcentajes de vidrio en fachada superiores al 30%, comprometen el aprovechamiento adecuado de la inercia térmica, necesaria y recomendable en la arquitectura solar pasiva

Para el clima de Lorca, y más a la vista de las tendencias climáticas, si se escogen vidrios de baja emisividad, la capa reflectante debe estar en el vidrio exterior, en la cara interna que da a la cámara.

En Lorca deben evitarse los lucernarios con vidrios horizontales que no puedan protegerse de la radiación solar, ya que suponen pérdidas en invierno y aportes indeseables en verano (hasta más de 8.000 Wh/m².día en el mes de Junio, como puede verse en la gráfica correspondiente).

El aislamiento térmico en los vidrios depende del tamaño de la cámara y de la existencia de la adición de la lámina o tratamiento de baja emisividad, siendo prácticamente independiente del grosor de los vidrios, sin diferencia entre los de 6, 5 y 4 mm.

El aislamiento al ruido en los vidrios depende de la masa, y mejora si en un sistema de vidrio doble éstos son de grosor diferente. Así sería óptimo combinar un vidrio de 6 mm. y otro de 5 mm.

El usar vidrios de distinto espesor y compuestos en una de las capas, mejora entre el 10% y el 20% el aislamiento al ruido.

Se recomendarían como solución en zonas urbanas ruidosas: (del exterior al interior)

 Vidrio plano 6mm+ Tratamiento de baja emisividad + Cámara 8mm+ Vidrio plano 5 mm.

En huecos en los que haya menos ruidos, para ahorrar peso, material y coste, se podría colocar:

 Vidrio plano 6mm+ Tratamiento de baja emisividad + Cámara 8mm+ Vidrio plano 4 mm.

Como en el clima de Lorca, por exceso de calor, las fachadas con peor orientación son la este y, sobre todo la oeste en verano, se recomienda escoger la carpintería que cumpla a Norte y poner la misma en fachadas este y oeste, sin olvidar las protecciones solares exteriores adecuadas en todas las orientaciones (que cubran el hueco de los rayos más verticales al sur y horizontales de naciente y poniente respectivamente y eviten el efecto invernadero).

Sobre la protección solar de huecos

Para el clima de Lorca, actualmente son necesarias las protecciones solares durante todo el día en los meses de Junio, Julio, Agosto y Septiembre.

Son necesarias las protecciones solares durante las horas centrales del día de Mayo y Octubre.

Son necesarias las protecciones durante los mediodías de Abril.

Las tendencias climáticas pueden hacer necesario extender los periodos de protección.

Por tanto, las recomendaciones serían:

- No tener elementos de protección solar fijos, que impidan el soleamiento de Noviembre a Marzo.
- Se puede contar con elementos de protección solar fijos, que protejan de Abril a Septiembre.
- Tener elementos móviles que se puedan accionar para el resto de las ocasiones.

Dado que es más eficaz la protección solar del hueco que mejorar el vidrio y la carpintería, se recomienda hacer esto último sólo cuando una vez diseñada la protección solar, ésta resulte aún insuficiente para garantizar el confort térmico.

IMPORTANTE: Elección de protecciones solares adecuadas.

Cabe destacar que el CTE no especifica que existen protecciones solares adecuadas para huecos con determinada orientación, y algunas resultan bastante ineficaces. Por ejemplo: una protección con voladizo en una fachada oeste, es ineficaz, ya que cuando el sol es más molesto, está casi horizontal y el voladizo no daría sombra al hueco.

Sobre las cubiertas

En las cubiertas, especialmente en los meses de verano, los flujos prioritarios no son ascendentes (esto viene, como ya hemos comentado, de modelos de climas fríos donde el flujo ascendente se refiere a las pérdidas energéticas de la calefacción por la cubierta), sino descendentes (hay que evitar las ganancias térmicas por la radiación solar sobre la cubierta, especialmente en verano).

SE RECOMIENDA SITUAR EL AISLAMIENTO LO MÁS AL EXTERIOR POSIBLE.

Sobre el aislamiento térmico de la envolvente

Al ser el DB HE1 una normativa que en general atiende a las mayores exigencias de climas fríos y con menor radiación solar, se prima que la edificación no tenga pérdidas térmicas para minimizar el consumo energético en calefacción de energías no renovables (favorece el uso del aislamiento térmico por el interior) en vez de sacar el máximo rendimiento la posibilidad de acumular la energía solar en los materiales con apreciable inercia térmica que constituyen la envolvente (con la colocación del aislamiento en las caras más exteriores de los cerramientos: muros, cubiertas y forjados) para conseguir las condiciones de confort al interior de la edificación derivadas del aprovechamiento de la inercia térmica de los materiales, la radiación solar y las variaciones diarias de las temperatura tanto en verano como en invierno, posibles en el clima de Lorca, minimizando el consumo de otras energías no renovables.

SE PROPONE EL AISLAMIENTO EN LAS POSICIONES MAS EXTERNAS DE LOS CERRAMIENTOS, ya que además de las ventajas descritas se eliminan puentes térmicos y se mejora el comportamiento solar pasivo.

CONCLUSIÓN FINAL

Esperamos que esta Guía sea una herramienta útil para que los arquitectos proyecten y construyan edificaciones más y mejor integradas en las condiciones medioambientales en el municipio de Lorca y contribuya finalmente a mejorar la calidad de vida de sus vecinos.

Margarita de Luxán Gloria Gómez

Madrid, octubre 2012

9 ANEXOS

9.1 ANEXO II. ENERGÍA INCORPORADA EN MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Es importante el ahorro energético y la reducción de emisiones tanto en el funcionamiento del edificio como en su proceso de construcción. Para esto último se debe tener en cuenta la energía incorporada en los materiales así como su vida útil y la cantidad utilizada en cada aplicación. Estos tres factores son los que determinarán su adecuación ambiental.

Entendemos por energía incorporada toda la energía útil necesariamente consumida para poner a pie de obra cada material requerido en la construcción del edificio.

En el cuadro siguiente se resumen valores significativos para los materiales de construcción más comunes. En la última columna del cuadro se especifica la `horquilla' más recomendable en este momento para nuestro país.

Tabla 22. Energía incorporada en materiales de construcción (kWh/Kg)

	Fuentes básicas		Valor de referenc	ia
Material	Vázquez (2001)	CBPR-UW	kWh/kg	MJ/kg
Acero	11	8,9-12,5	9-11	32-40
Acero reciclado	4,7	2,5-3,5	2,5-4	9-14,4
Aluminio	44-60	53-63	53-64ce	191-230
Aluminio	13-29	4-11	12-29e	43-104
reciclado				
Arcilla cocida	1,25-4,4	0,7-5,4	0,7-5,4	2,5-19
(cerámica)				
Cemento	2	2,2	2	7
Cobre			20-40ae	70-140
Hormigón	0,7	0,3-0,63	0,3-0,7	1,1-2,5
Ladrillo	0,5		0,5	1,8
silicocalcáreo				
Madera		0,08-0,86	0,08-0,86	0,3-3
Madera		1,58d	5,7	
(aserrada, basta)				
Madera		1,3-6,7	1,3-6,7	4,7-24
(tableros)				
Plástico genérico	20-40		20-40	72-144
Poliestireno		32,5-52,5	28-52,5b	100-189
Poliuretano	33	20,6	21-33	74-119
Porcelana	7,5		7,5	27
PVC	20,7	19,4	19-22ª	70-80
Vidrio	5,3	4,4-7,3	4,4-7,3	15,8-26,3
Vidrio (en fibra)		8,4	8,4	30
Yeso	·	·	1,25	0,92-1,25b

Fuente: Vázquez, 2001

Notas: CBPR-UW, Center for Building Performance Research, University of Wellington.

Los valores para materiales reciclados corresponden a procesos en los que se recicla toda la cantidad de material técnicamente posible con los procedimientos actuales.

Otras fuentes: a, Alcorn & Haslam (1996). b, Mardaras & Cepeda (2004). c, Phylipsen & Alsema (1995). d, Salomonsson & Ambrose (1996). e, Stodolsky et al. (1995).

En cualquier caso, debe recordarse que la energía incorporada no es un indicador de `bondad ecológica', pues hasta que no se determina la cantidad de un material concreto que es necesaria para satisfacer una determinada función, no pueden hacerse comparaciones (Vázquez, 2001).

Como ejemplo que ilustra esta idea aplicada a Madrid, utilizaremos una actuación habitual como es complementar el aislamiento necesarios en cada muro y resto de los cerramientos, a fin de conseguir un ahorro energético en el consumo para climatización en la vivienda. Además de esta consideración de ahorro en la utilización del edificio cabe hacer otras consideraciones, en este caso respecto al ahorro energético en la fabricación de los materiales que consiguen un mismo grado de aislamiento.

Para cumplir la futura normativa de ahorro energético (Código Técnico de la Edificación), en una zona D se debería construir con muros de transmitancia límite $U_{lim} = 0.66 \text{ W/m}^2\text{K}$

Cumplirían lo antedicho dos muros que tomamos como término de comparación:

- Un muro A, de ladrillo perforado, sin aislamiento, que para tener una transmitancia menor de 0,66 W/m² tendría que tener un espesor de 1,00 m
- Otro muro B, $\frac{1}{2}$ pie de ladrillo perforado y una lámina de aislamiento de 0,06m de EPS tipo III

Veamos ahora el consumo energético en la manufacturación de ambos (Mardaras & Cepeda, 2004).

Consumo energético en manufactura de ladrillo 4,5 MJ/Kg Consumo energético en manufactura de EPS expandido120 MJ/Kg

Muro A, 1,00 m de ladrillo perforado $1,00*1,00*1,00*1.200 \text{ Kg /m}^3*4,5 \text{ MJ/Kg} = 5400 \text{ MJ}$

Muro B, 0,12 m de ladrillo perforado y 0,06 m de EPS tipo 3 $(0,12*1,00*1,00*1.200*4,5 \text{ MJ/Kg})+(0,06*1,00*1,00*18 \text{ Kg/m}^3*120 \text{ MJ/Kg}) = 877,60 \text{ MJ}$

Es decir, para el mismo aislamiento, se consumiría 6 veces menos energía en la fabricación con el muro B que con el A.

(Datos y cuantificaciones tomadas del "Estudio para la Rehabilitación Sostenible de Viviendas en el centro de Madrid", para la EMVS. Autores: M. de Luxán García de Diego, M. Vázquez Espí, Gloria Gómez Muñoz, Emilia Román López, Mar Barbero Barrera).

9.2 ANEXO II. INFORMACIÓN SOBRE AISLAMIENTOS

9.2.1 COMPARACIÓN AISLAMIENTOS

Aislamientos posibles en orden decreciente respecto a la sostenibilidad en su fabricación y puesta en obra:

- Corcho
- Celulosa
- Lanas Minerales
- Lana de Vidrio
- Polestireno expandido EPS
- Poliestireno extrusionado XPS sin CFC
- Poliestireno extrusionado XPS
- Poliuretano PUR

9.2.2 MATERIALES AISLANTES DE ORIGEN VEGETAL

La sostenibilidad de los aislamientos térmicos de materiales naturales, depende en primer lugar del origen de las materias primas respecto a los problemas de deforestación de algunas zonas, y en segundo lugar de las resinas y conglomerantes con los que se fabriquen los paneles o mantas aislantes, y en tercer lugar de la energía gastada en su fabricación y en la posibilidad de aprovechar materiales reciclados.

CORCHO AGLOMERADO.

Granulado de corcho aglutinado con resina natural, mediante un proceso de cocción mediante vapor en autoclave.

Comportamiento ante el fuego B2

CELULOSA

Fibra de madera, que puede ser de restos aprovechados o no, aglomerada con cemento Portland.

En copos o en tablero.

Comportamiento ante el fuego B2

9.2.3 MATERIALES AISLANTES DE ORIGEN MINERAL

LANA DE ROCA

Roca basáltica y escorias de altos hornos con fundentes y estabilizantes, Las fibras obtenidas se aglutinan con aceites minerales

Comportamiento ante el fuego M0

LANA DE VIDRIO

Arena, sílice, feldespato y vidrio craqueado con fundentes y estabilizantes, Las fibras obtenidas son aglutinadas con resinas de tipo fenólico.

Comportamiento ante el fuego M0

9.2.4 MATERIALES AISLANTES DE ORIGEN SINTÉTICO

Entre los aislamientos plásticos, en estos momentos, se diferencian tres tipos por el modo que utilizan para fabricarse:

FPS

se obtiene a partir de la transformación del poliestireno expandible, una materia prima derivada del petróleo, polímero de estireno que contiene un agente expansor que es el pentano.

Su fabricación no utiliza gases expandentes de la familia de los CFCs, HCFCs y HFCs, en el proceso de transformación se utiliza aire y vapor de agua.

Reciclable y recuperable.

Comportamiento ante el fuego M1 ó M4

XPS sin HCFC

se obtiene a partir de la transformación del poliestireno expandible, una materia prima derivada del petróleo, polímero de estireno materia prima derivada del petróleo,

Su fabricación no utiliza gases expandentes de la familia de los HCFCs y, en el proceso de transformación por espumación se utiliza CO2.

Comportamiento ante el fuego M1

XPS

se obtiene a partir de . la transformación del poliestireno expandible, una materia prima derivada del petróleo, polímero de estireno materia prima derivada del petróleo,

Su fabricación utiliza gases de la familia de los HCFCs

Comportamiento ante el fuego M1

ESPUMA DE POLIETILENO

Capa acolchada fabricada con fibras de materia plástica entretejidas como agujas de polietileno de células cerradas.

Comportamiento ante el fuego M1

PUR

Se obtiene a partir de poliol e isocianato, que mediante reacción química entre ellos dan lugar a la espuma de poliuretano. El componente poliol es una mezclla de polioles con grupos reactivos –OH, conteniendo catalizadores, ignifugantes, expandentes, y agentes estabilizadores de la espuma; el componente isocianato aparece con grupos reactivos -NCO

Su fabricación utiliza gases expandentes de la familia de los HCFCs Comportamiento ante el fuego M1

Bibliografía específica

- -Guía de la Edificación Sostenible, Instituto Cerdá Barcelona 1999
- -ANAPE Asociación Nacional de Poliestireno Expandido, 2004
- -ATEPA www.atepa.org 2005
- -Técnicas arquitectóicas y constructivas de Acondicionamiento ambiental, J. Neila, C. Bedoya, Ed. Munilla-Lerín, Madrid 1997

(Datos y cuantificaciones tomadas del "Estudio para la Rehabilitación Sostenible de Viviendas en el centro de Madrid", para la EMVS. Autores: M. de Luxán García de Diego, M. Vázquez Espí, Gloria Gómez Muñoz, Emilia Román López, Mar Barbero Barrera).

Tabla 23. Tabla de aislamientos con espesores equivalentes en cm

Cada grupo de materiales aislantes de la misma conductividad aparece ordenado de arriba abajo, de menos a más contaminante en su fabricación.

Material	Conductividad λ W/mK		Esp	pesor de aislam	niento	13 8 7 7 7 7 6 6 6 6 6 5	
Fibra de madera en tablero	0,080	4	6	9	11	13	17
Perlita expandida (130 Kg/m³)	0,047	3	4	5	6	8	10
Lana de Vidrio (10-18 Kg/m³)	0,044	3	4	5	6	7	9
Lana Mineral (30-50 Kg/m³)	0,042	3	4	5	6	7	9
Corcho aglomerado UNE 5.690	0,040	2	3	4	6	7	9
Celulosa en copos							
ana Mineral (51-70 Kg/m²)							
PUR conformado (80 Kg/m³)							
EPS (15 Kg/m³)	0,039	2	3	4	5	6	8
Lana Mineral (71-90 Kg/m³)	0,038	2		4	5	6	8
Lana Mineral (90-120 Kg/m²)							
Lana Mineral (121-150 Kg/m³)							
Polietileno reticulado (30 Kg/m²)							
ana de Vidrio (19-30 Kg/m³)	0,037	2	3	4	5	6	8
ana de Vidrio (91 Kg/m³)	0,036	2	3	4	5	6	8
PS (20 Kg/m³)							
PS (25 Kg/m³)	0,035	2	3	4	5	6	8
ana de Vidrio (31-45 Kg/m³)	0,034		3	4	5	6	7
PS (30 Kg/m ³)							
ana de Vidrio (46-65 Kg/m³)	0,033	2	3	4	5	5	7
ana de Vidrio (66-90 Kg/m³)							
PS (35 Kg/m ³)							
(PS (25 Kg/m ³) (2)							
PS GRIS (25 Kg/m³)	0,030	2	3	3	4	5	6
(PS (33 Kg/m ³) ⁽²⁾							
UR conformado, espuma III (32 Kg/m³)	0,028	2	3	3	4	5	6
UR conformado, espuma III (35 Kg/m³)							
PUR conformado, espuma III (40Kg/m³)							
PUR in situ, espuma I (35 Kg/m³)		(4)	min. 3 cm ⁽³⁾				
PUR in situ, espuma II (40 Kg/m³)		(4)	min. 3 cm ⁽³⁾				
- Landa L. 2000							

Fuente: de Luxán et al, 2009

NOTAS

⁽¹⁾ Como orientación aparece la densidad del material. Para datos precisos sobre conductividades consultar el catálogo de los fabricantes.

⁽²⁾ Para el XPS con espumación basada en CO₂ los valores típicos de lambda declarada entre 0,034 y 0,036 W/m²·K
Para el XPS con espumación basada en HFCs los valores típicos de lambda declarada entre 0,029 y 0,033 W/m²·K

Según las recomendaciones de la Asociación Técnica del Poliuretano Aplicado (ATEPA), el espesor mínimo de aplicación es de 2 capas para cerramientos verticales y el espesor máximo por capa aplicada es de 1,5 cm, por lo que el espesor mínimo para cumplir ambas condiciones es 3 cm.

⁽⁴⁾ Aparece -- cuando no existe el espesor o no es conveniente dado el material.

9.3 ANEXO III. BIBLIOGRAFÍA

LUXÁN GARCÍA DE DIEGO, M et al (1997) Arquitectura y clima en Andalucía. Manual de diseño. Junta de Andalucía. Consejería de Obras Públicas y Transporte

LUXÁN GARCÍA DE DIEGO, M, G. GÓMEZ y A. REYMUNDO (2011) Guía para el diseño de edificios de viviendas sostenibles y energéticamente eficientes en el ámbito de Principado de Asturias. FECEA Fundación Estudios Calidad Edificación Asturias. Oviedo

LUXÁN GARCÍA DE DIEGO, Margarita, VÁZQUEZ ESPÍ, Mariano, GÓMEZ MUÑOZ, Gloria, ROMÁN LÓPEZ, Emilia, BARBERO BARRERA, Mar (2009) Actuaciones con criterios de sostenibilidad en la rehabilitación de viviendas en el centro e Madrid. Ed. Empresa Municipal de la Vivienda y el Suelo. Área de Gobierno de Urbanismo y Vivienda, Ayuntamiento de Madrid

VAZQUEZ ESPÍ, Mariano (2001) Construcción e impacto sobre el ambiente: el caso de la tierra y otros materiales Informes de la Construcción, Vol 52, No 471 (2001) doi:10.3989/ic.2001.v52.i471.681

VVAA, LUXÁN GARCÍA DE DIEGO, M., REYMUNDO, A. (2011) Sostenibilidad energética de la Edificación en Canarias. Manual de Diseño. Ed. Instituto Tecnológico de Canarias.