



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Arquitectura

Análisis de sistema constructivo eficiente e integrado para
cerramientos en el medio rural.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Fundamentos de la Arquitectura

AUTOR/A: Murillo Garcia, Manuel

Tutor/a: Lerma Elvira, Carlos

Cotutor/a: Mas Tomas, Maria de los Angeles

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022

A mi familia, en especial a mi hermana, gracias por guiarme en esta vida.

Resumen

El entorno rural plantea desafíos en el ámbito de la construcción debido a las deficientes infraestructuras y al poco personal cualificado. Para ello, se propone un sistema constructivo para cerramientos con el propósito de que sirva de guía para desarrollar proyectos en base a dos ideas principales: eficiencia e integración.

Estas ideas se encuentran de manera transversal en la metodología de construcción propuesta.

La eficiencia se materializa mediante el control energético, una alta resistencia térmica de los muros, una elevada durabilidad y el uso de materiales sostenibles extraídos algunos de ellos de la propia zona.

Por otro lado, la integración atiende a la incorporación de nuevas construcciones mediante este sistema, con el fin de igualar el aspecto tradicional de las edificaciones de la zona, asegurando además las condiciones actuales de habitabilidad.

Palabras clave: cerramiento; eficiencia energética; integración; sistema constructivo

Resum

L'entorn rural planteja desafius en l'àmbit de la construcció degut a les deficients infraestructures i al poc personal qualificat. Per això, es proposa un sistema constructiu per a tancaments amb el propòsit que serveixi de guia per desenvolupar projectes sobre la base de dues idees principals: eficiència i integració.

Aquestes idees es troben de manera transversal a la metodologia de construcció proposada.

L'eficiència es materialitza mitjançant el control energètic, una elevada resistència tèrmica dels murs, una durabilitat elevada i l'ús de materials sostenibles extrets alguns de la mateixa zona.

D'altra banda, la integració atén a la incorporació de noves construccions mitjançant aquest sistema, per tal d'igualar l'aspecte tradicional de les edificacions de la zona, assegurant-ne a més les condicions actuals d'habitabilitat.

Paraules clau: tancament; eficiència energètica; integració; sistema constructiu

Abstract

The rural environment poses challenges in construction due to poor existing infrastructures and few qualified personnel. For this, a construction system for enclosures is proposed with the purpose of serving as a guide to develop projects based on two main ideas: efficiency and integration.

These ideas are found in a transversal way in the proposed construction methodology.

Efficiency is materialized through energy control, high thermal resistance of the walls, high durability, and the use of sustainable materials, some of them extracted from the area itself.

On the other hand, integration attends to the incorporation of new constructions through this system, in order to match the traditional appearance of the buildings in the area, also ensuring the current habitability conditions.

Keywords: enclosure; energy efficiency; integration; construction system

Índice de contenidos

Capítulo 0 Sobre el trabajo	8
Comentarios iniciales	8
Objetivos	9
Capítulo 1 Introducción.....	10
Contexto	10
España vaciada y ¡Soria YA!	11
Capítulo 2 El caso de Soria.....	12
2.1 Marco geológico	12
2.2 Economía.....	12
2.3 Demografía.....	12
2.4 Infraestructuras	14
2.5 Clima.....	15
Capítulo 3 Arquitectura popular, tradicional y vernácula	17
3.1 Definiciones	17
3.2 La Arquitectura popular en Soria	19
3.3 Elementos de la arquitectura tradicional soriana.....	21
3.3.1 Teja doble	21
3.3.2 Teja vana.....	22
3.3.3 Cubierta vegetal.....	23
3.3.4 Cerramiento de mampostería.....	24
Capítulo 4 Objetivos de desarrollo sostenible.....	26
Capítulo 5 Vivienda propuesta para el cálculo	28
Capítulo 6 Sistema tradicional.....	31
6.1 Memoria constructiva	32
6.2 Cerramiento. Sistema tradicional.....	33
6.3 Solera. Sistema tradicional.....	34
6.4 Cubierta. Sistema tradicional.....	35
6.5 Huecos. Sistema tradicional.....	36
6.5.1 Ventanas	36
6.5.2 Puerta de acceso.....	37
6.6 Puentes térmicos: alféizar, dintel, jambas.....	37
5.7.1 Alféizar	38
5.7.2 Dintel.....	38
5.7.3 Jambas	38
6.7 Cálculo de la transmitancia térmica global K.....	38
6.8 Condensaciones. Econdensa	41
6.8.1 Cerramiento	41

6.8.2 Cubierta.....	42
Capítulo 7 Rehabilitación	43
7.1 Memoria constructiva	44
7.2 Cerramiento. Rehabilitación	45
7.3 Solera. Rehabilitación	47
7.4 Cubierta. Rehabilitación	48
7.5 Huecos. Rehabilitación	49
7.5.1 Ventanas	49
7.5.2 Puerta	50
7.6 Puentes térmicos: alféizar, dintel, jambas, esquinas. Encuentros: solera-muro, muro-cubierta, muro-forjado.....	51
7.6.1 Alféizar	51
7.6.2 Dintel.....	51
7.6.3 Jambas	51
7.6.4 Esquinas.....	52
7.6.5 Encuentro muro-forjado.....	52
7.6.6 Encuentro solera-muro.....	52
7.7 Cálculo de la transmitancia térmica global K.....	52
7.8 Condensaciones. Econdensa	53
7.8.1 Cerramiento	53
7.8.2 Cubierta	55
Capítulo 8 Obra nueva.....	56
8.1 Memoria constructiva	57
8.2 Cerramiento. Obra nueva.....	58
8.3 Solera. Obra nueva	59
8.4 Cubierta. Obra nueva.....	60
8.5 Huecos. Obra nueva.....	61
8.5.1 Ventanas	61
8.5.2 Puerta	61
8.6 Puentes térmicos: alféizar, dintel, jambas, esquinas. Encuentros: solera-muro, muro-cubierta, muro-forjado.....	63
8.6.1 Alféizar	63
8.6.2 Dintel.....	63
8.6.3 Jambas	63
8.6.4 Esquinas.....	64
8.6.5 Encuentro muro-forjado.....	64
8.6.6 Encuentro solera-muro.....	64
8.7 Cálculo de la transmitancia térmica global K.....	65
8.8 Condensaciones. Econdensa	66

8.8.1 Cerramiento	66
8.8.2 Cubierta	67
Capítulo 9 Análisis de costes de cerramientos verticales	68
9.1 Rehabilitación	68
9.2 Obra nueva	70
Conclusiones	72
Bibliografía.....	73
Listado de imágenes	74

Capítulo 0 | Sobre el trabajo

Comentarios iniciales

Las razones que me han llevado a proponer este trabajo tienen su origen en motivaciones personales, las cuales me gustaría exponer brevemente.

Mi familia es de un pequeño pueblo al norte de Soria, en la zona de Tierras Altas. Allí es donde he pasado toda mi infancia y adolescencia, y es al lugar donde regreso cada vez que puedo.

Desde pequeño siempre he tenido mucha inquietud por las obras y todo tipo de construcciones; todavía no sabía que quería ser arquitecto, pero esto permitió que mis inquietudes se desarrollaran prematuramente. Pasaba mucho tiempo cuando era un niño de obra en obra, charlando con albañiles, cogiendo alguna que otra herramienta.

Siempre he estado haciendo pequeñas obras, muebles, puertas, todo tipo de reparaciones, trabajos en metal, madera, fontanería, electricidad, mecánica... He sido autodidacta en estas materias, viendo algún vídeo por aquí, preguntando por allá. Al final, he acabado por recopilar conocimientos muy variados y herramientas, que hoy en día dan lugar a un taller pequeño que tengo junto a mi casa. Fue durante todos estos años cuando decidí que quería ser arquitecto, que todo lo que sabía, lo que quería aprender y lo que realmente me gustaba podían reunirse en un grado.

Es en el año 2019 cuando comencé a reformar poco a poco una vieja casa familiar: he cambiado el acceso, he excavado el suelo, demolido gran parte, etc. En ella he podido aplicar todo lo que he aprendido estos años en Arquitectura, dándome cuenta de que los conocimientos teóricos que podemos aprender en la Escuela tienen un trasfondo y una aplicación práctica mucho más compleja de lo que podía imaginar.

Es esta vivienda la que me ha empujado a proponer el tema del Trabajo de Fin de Grado, para poder conocer a la perfección qué cerramiento voy a aplicar en la rehabilitación y si resulta aplicable a otras viviendas que se encuentren en las mismas condiciones que la mía. Mediante detalles constructivos, cálculos y datos realizo un estudio de diferentes cerramientos del ámbito rural y su impacto en el bienestar y el confort de los usuarios.



Imagen 1. Las Aldehuelas, Soria. Fuente: Elaboración propia

Objetivos

- Proponer una solución de habitabilidad para zonas que sufren despoblación y climatología adversa (en este caso se analiza el caso de Soria, con un clima E1).
- Analizar la diferencia cualitativa y cuantitativa entre el sistema tradicional y las condiciones de habitabilidad de hoy en día en términos de eficiencia.
- Facilitar la nueva construcción y reformas para que queden integradas en el medio rural.
- Analizar el coste de rehabilitación de los cerramientos en el ámbito rural.

Capítulo 1 | Introducción

Contexto

Actualmente, la población está desigualmente distribuida en el territorio español. Este hecho se halla motivado por los movimientos migratorios y lo conocido como éxodo rural, es decir, la emigración de la población de los pueblos a las ciudades. Parte de este movimiento viene motivado por las opciones laborales limitadas que ofrece la vida rural (actividad económica principal basada en la agricultura y la ganadería) y las amplias posibilidades y comodidades que ofrecen las ciudades para la vida moderna.

Estos movimientos migratorios, aunque han ganado popularidad en estas últimas décadas, se iniciaron durante la Revolución Industrial en el siglo XIX. El éxodo rural implicaba el abandono de los pueblos en busca de oportunidades en las ciudades, obligando a cambiar de trabajo a todo aquel que emigraba. Pasaban de trabajar en el sector primario a realizar actividades ligadas al sector secundario (industria) o terciario (servicios).

Es una situación que ha ido incrementándose y agravándose, especialmente durante la segunda mitad del siglo XX, hasta dar lugar a la situación que actualmente conocemos como **España vaciada**.

En el contexto europeo, España es el cuarto país tras Estonia, Finlandia y Letonia que cuentan con más municipios en riesgo de despoblación (el 42,2% de los municipios) (Epdata, 2018)



Imagen 2. Distribución de población en Europa. Fuente: Epdata

En el mapa obtenido de Epdata, se pueden apreciar amplias regiones de la prácticamente despobladas, con una densidad de población que en algunos rankings se ha señalado como competidor a la Laponia Noruega. La población aparece concentrada en ciudades como Madrid, Barcelona, Valencia y Sevilla, así como en la costa. (Epdata, 2018)

Se estudia la provincia de Soria como una de las constituyentes de lo que se conoce como España vaciada. Se realiza un pequeño análisis de Soria y de su contexto e interés en la realización de este trabajo.

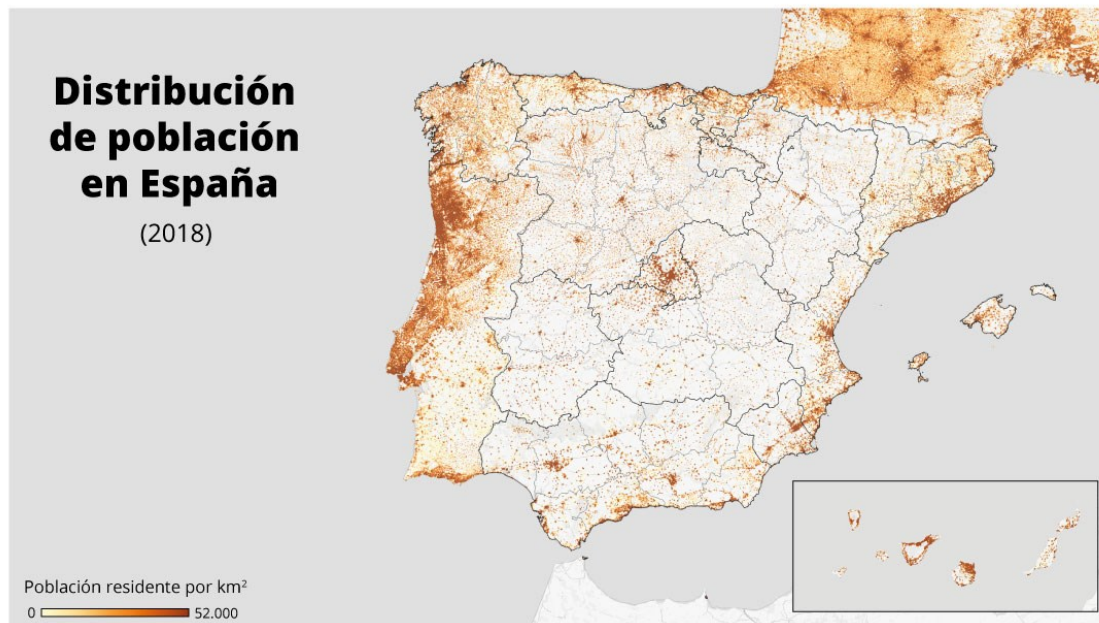


Imagen 3. Distribución de población en España. Fuente: Epdata

España vaciada y ¡Soria YA!

Resulta de especial interés nombrar al periodista Gonzalo Prieto, en cuya web *“Geografía Infinita”* recopila las reivindicaciones de la España vaciada y olvidada.

La España olvidada y vacía salió a las calles de Madrid por primera vez en marzo de 2019 bajo un lema: *“La España vaciada existe”*. Este movimiento surgió a raíz del olvido institucional y político de España, que no se estaba consolidando de manera uniforme. Por un lado, está la España urbana, desarrollada de Madrid, Barcelona, Valencia, Zaragoza, Málaga y Bilbao, y, por otro lado, la España rural *“ha sufrido la enfermedad y el olvido, privada de su población y de sus recursos”*. (Gonzalo Prieto, 2018)

Dentro del movimiento de la España vaciada surgen también reivindicaciones en Soria, que denuncian el abandono y la falta de respuesta institucional por parte del Estado y del gobierno de Castilla y León.

¡Soria YA! Fundada en 2001, inicialmente fue impulsada por miembros muy variados: organizaciones, empresas, sindicatos y asociaciones de vecinos. Se unieron para hacer frente a los partidos políticos, representantes políticos y administraciones, y para oponerse al olvido organizativo y por el futuro de Soria. (SORIA ¡YA!, 2022)

Veinte años después de su fundación, la plataforma es más importante que nunca; la ciudad se encuentra teñida de banderas, pancartas reivindicativas, pegatinas, que denuncian una realidad política cruda y evidente frente a la falta de respuesta institucional a los crecientes problemas de la provincia.

Capítulo 2 | El caso de Soria

2.1 | Marco geológico

La provincia de Soria se encuentra en el extremo oriental de la submeseta norte. Está delimitado por un encuentro del Sistema Ibérico Central y la cabecera del río Duero. Existe una gran riqueza y diversidad natural en la provincia de Soria, ahí radica su gran valor. (Gil Crespo, 2012)

El estudio geológico y litológico es un punto clave, ya que la arquitectura se nutre de los materiales que se encuentran próximos a la zona en donde se desarrolla. (Gil Crespo, 2012)

2.2 | Economía

La base económica en las zonas rurales de Soria es la agricultura y la ganadería. Tradicionalmente, a diferencia de otras partes de España en las que existía separación social entre las figuras del hidalgo y el jornalero, en Soria el campesino era propietario de su propio terreno.

En los últimos tiempos, la mecanización de las labores agrícolas ha fomentado la parcelación de la tierra rural, delimitando así las parcelas más pequeñas y adjudicando favorablemente la tierra para su cultivo.

El aprovechamiento de vastas masas forestales del territorio ha sido una de las fuentes de riqueza de las zonas pinariegas al norte de la provincia. La estructura de tenencia forestal basada en las suertes facilitó la gestión y el mantenimiento forestal. (Gil Crespo, 2012)

2.3 | Demografía

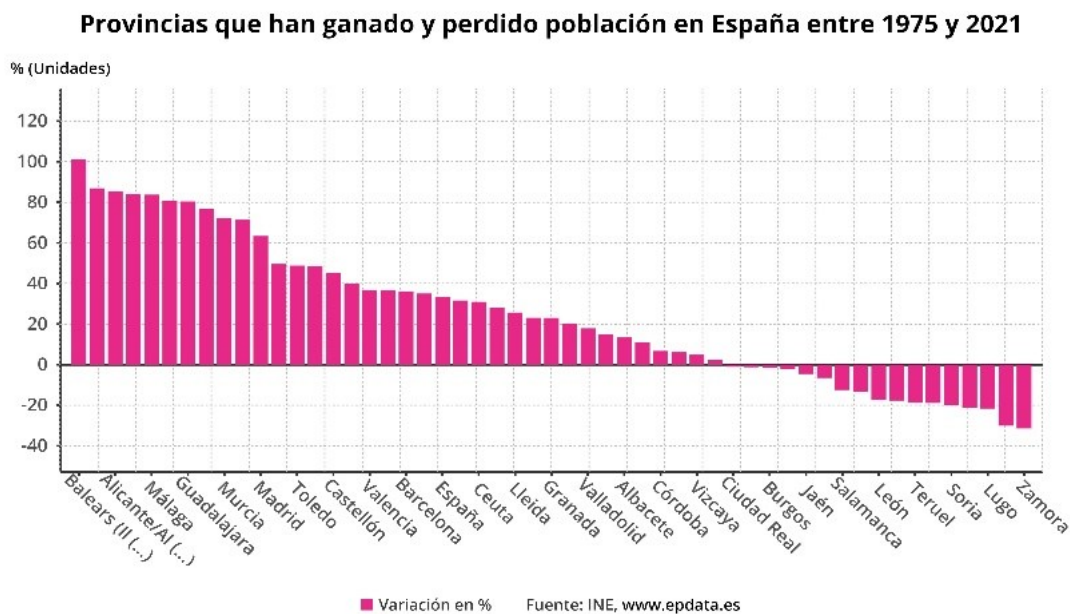


Imagen 3. Provincias que han ganado y perdido población en España entre 1975 y 2021. Fuente: (INE, 2022b)

Uno de los principales problemas que sufre la provincia de Soria y que está directamente ligado con su economía es el descenso y envejecimiento de sus habitantes, principalmente debido a fuertes movimientos migratorios. La causa radica en el desarrollo de los métodos industriales para la agricultura y la ganadería desde el siglo pasado (y, por tanto, la necesidad de emigrar buscando nuevas oportunidades laborales), la llegada de nuevos materiales de construcción y la mejora relativa de las comunicaciones e infraestructuras de la mayoría de las ciudades. (Gil Crespo, 2012)

En el gráfico se puede observar que Soria junto con Zamora, son las provincias de Castilla y León con una mayor disminución de la población entre 1975 y 2021; además, Soria no solamente encabeza el ranking de su comunidad, sino también de España, encontrándose entre las tres provincias que más habitantes han perdido en apenas 35 años.

En la provincia de Soria había 155.000 habitantes en 1900. Hoy en día quedan algo más de 88.000. Esto se traduce en una reducción del 56% en un siglo. (Gil Crespo, 2012)

No solamente es importante la despoblación, sino también el envejecimiento; más de una cuarta parte de su población, el 26,7%, tiene más de 65 años. Esta es la mayor tasa de envejecimiento de la Unión Europea (Gil Crespo, 2012).

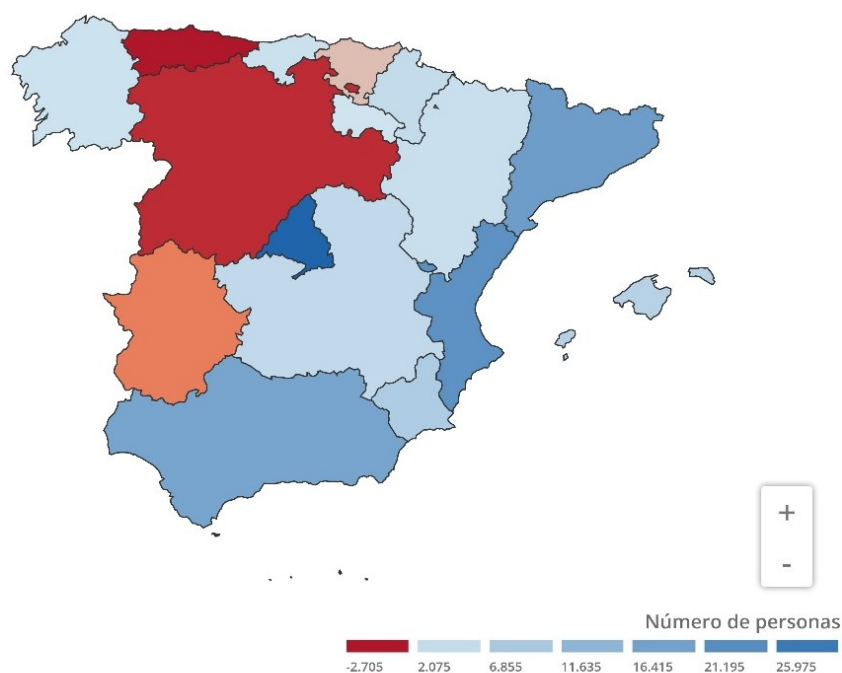


Imagen 4 Comunidades que han perdido o ganado población respecto al semestre anterior. Fuente: (INE, 2022a)

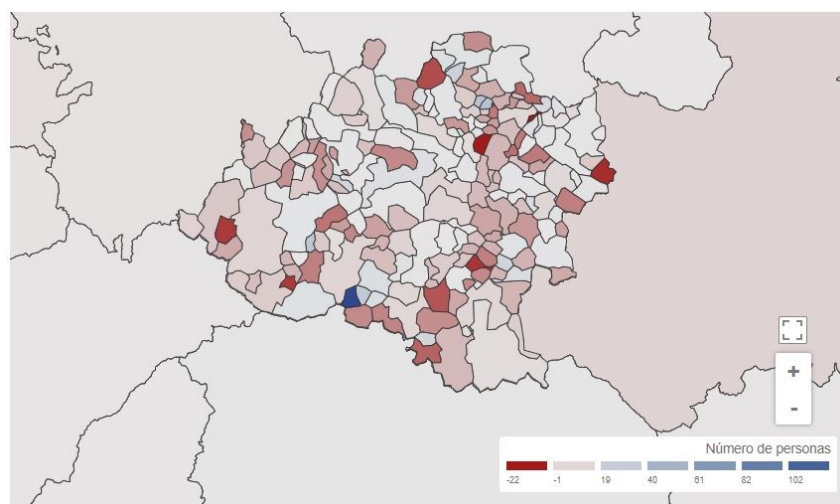


Imagen 5. Municipios de Soria que han perdido o ganado población respecto al último año. Fuente: (INE, 2022a)

La despoblación se manifiesta de forma más acentuada en la sierra norte de Soria, que comenzó a vaciarse ya en el siglo XVII. La población emigraba hacia zonas más prosperas. Este éxodo coincidió con la crisis de la trashumancia, que una de las consecuencias que trajo fue el abandono de las sierras. (Elena Labayen Berdonces, 2019)

Por ejemplo, uno de los pueblos más importantes de las llamadas Tierras Altas (zona fronteriza con La Rioja) que vivió este acontecimiento es San Pedro Manrique. Hasta la llegada de la crisis del siglo XVII fue una de las villas más adineradas e influyentes de la meseta de la Ibérica soriana, llegando a vivir 4000 vecinos. Los ganaderos con grandes rebaños de ovejas merinas percibían grandes ingresos, lo que llevó a que construyeran grandes viviendas en el municipio. Pero la riqueza generada por la lana duró poco y los habitantes comenzaron a trasladarse a otras zonas más favorables, perdurando hoy en día únicamente el esplendor de antaño.

2.4 | Infraestructuras

Soria pertenece a las pocas ciudades que hasta hace poco tiempo no tenía conexión con la Red de Autovías de España. En el mapa se observa que cuenta solo con un tramo de autovía, el único tramo finalizado que hoy en día es "Soria-Medinaceli", uniendo la ciudad con la autovía A2. En el mapa se observa que cuenta solo con un tramo de autovía, el único tramo finalizado que hoy en día es "Soria-Medinaceli", uniendo la ciudad con la autovía A2. Fue inaugurado en el año 2015; hasta entonces solo se podía ir a Soria por carretera nacional.



Imagen 6. Mapa de carreteras España. Fuente: (Ministerio de Fomento, 2021)

Existen tramos de la Autovía del Duero (A11), actualmente en construcción, que conectan Soria-Portugal. Estas obras acumulan retrasos, y bloqueos por parte del Estado, que parece no tener demasiado interés en su finalización.

Mientras tanto, no paran de sumarse accidentes y muertes en las carreteras nacionales que, debido a la cantidad de tráfico de turismo y camiones que tienen que absorber diariamente, resultan peligrosas y lento el circular por ellas.

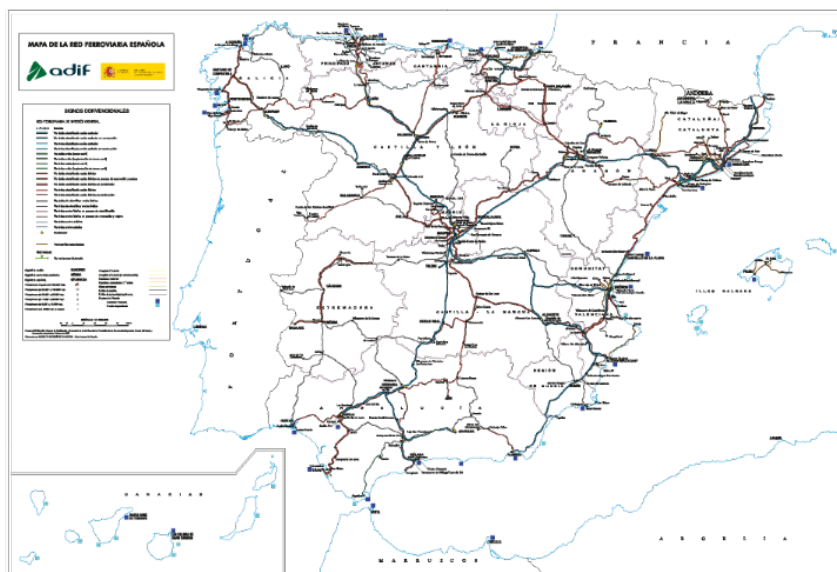


Imagen 7. Mapa de la Red Ferroviaria Española. Fuente: (Instituto Geográfico Nacional, 2022)

La Red Ferroviaria que llega a Soria tiene casi el mismo trazado que la autovía actual, sin continuación. Se trata del transporte más lento en el que poder llegar a la ciudad, aunque como ventaja se podría destacar que da servicio a todos los pueblos por los que discurre su trazado.

2.5 | Clima

La Comunidad de Castilla y León ocupa la vertiente más fría dentro de la Península Ibérica, afectada por las borrascas del Atlántico Norte. En Soria las características climáticas se modifican por las condiciones morfológicas, que se pueden resumir en: la elevada altitud de la meseta y el cinturón montañoso que la rodea. Este actúa de cierre impidiendo la subida de la temperatura y la llegada de las precipitaciones del clima Atlántico. (Ponga Mayo & Rodríguez Rodríguez, 2013)

Hay que señalar que Castilla y León es fría durante 6 meses al año, con temperaturas que no superan los 10 °C, incluso hay registros extremos como -20°C en Ávila. Las temperaturas medias anuales rondan los 11°C y las precipitaciones medias están entre los 350 mm y los 550 mm anuales. (Ponga Mayo & Rodríguez Rodríguez, 2013)

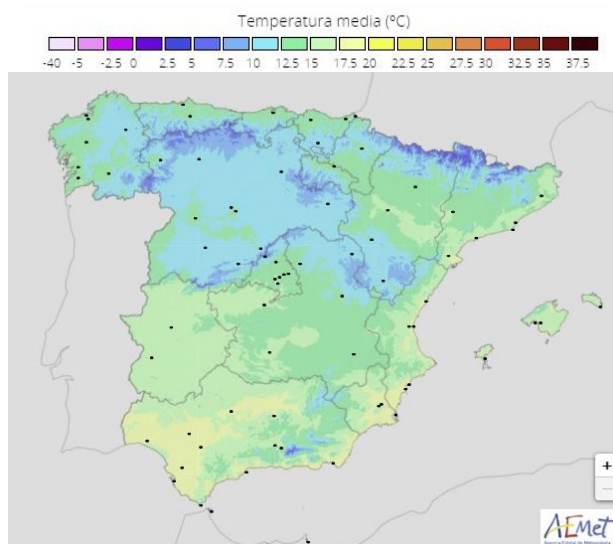


Imagen 8. Temperatura media anual. Fuente:(Agencia Estatal de Meteorología, 2022)

Las zonas montañosas tienen temperaturas menores y mayores precipitaciones. Además, existen en la comunidad benignos microclimas como los de El Bierzo y los Arribes del Duero.

Los inviernos se caracterizan por un tiempo seco con cielos despejados y nieblas en los valles por las mañanas. Durante el día hay temperaturas tibias y por la noche bajan varios grados, cruzando el cero. Se producen entonces las temperaturas más bajas, llegando en invierno a -10°C e incluso -15°C en zonas montañosas. (Ponga Mayo & Rodríguez Rodríguez, 2013)

El clima frío sumado al aire, dependiendo de su dirección y procedencia, pueden dar lugar a nevadas generalizadas en las áreas montañosas.

Este frío invernal queda plasmado en algunos de los nombres de los pueblos y aldea de Soria como Yelo, Castilfrío, Renieblas, tal y como menciona Juan Antonio Gaya Nuño en su obra El Santero de San Saturio. (Ponga Mayo & Rodríguez Rodríguez, 2013)



Imagen 9. Nevada invernal en Las Aldehuelas, Soria. Fuente: Elaboración propia

Los veranos son cortos y suaves, con temperaturas moderadas, alcanzándose las máximas entre el 15 de julio y el 15 de agosto, el periodo más caluroso. El verano discurre sin precipitaciones, exceptuando algunas zonas montañosas con influencia atlántica. (Ponga Mayo & Rodríguez Rodríguez, 2013)

Capítulo 3 | Arquitectura popular, tradicional y vernácula

3.1 | Definiciones

La **arquitectura popular** hace referencia a aquella construida por y para sus habitantes. Ésta, generalmente, suele pertenecer al medio rural y se asocia a actividades agrícolas y ganaderas. Al carecer de autor reconocido, se le llama también arquitectura anónima o arquitectura sin arquitectos. (Gil Crespo, 2012)

La **arquitectura tradicional** es aquella que se construye sin o con una mínima industrialización a través de patrones o métodos basados en la tradición, cuyas sucesivas repeticiones introducen las mejoras necesarias. (Gil Crespo, 2012)

La **arquitectura vernácula** es la que se desarrolla en un lugar, en una zona o región geográfica y que atiende a todos los sus condicionantes: rurales o físicos, humanos o culturales, geológicos, orográficos, climatológicos, históricos, sociales, económicos y culturales. Todos ellos influyen en las construcciones de la arquitectura de ese lugar. El término vernáculo se utiliza más en países anglosajones, mientras que en España se emplea el de arquitectura popular. (Gil Crespo, 2012)

Las técnicas constructivas tienen un marcado carácter tradicional, empleando al máximo los recursos del lugar y con una óptima economía de los medios; por tanto, los materiales utilizados son los que se encuentran cerca de la construcción.



Imagen 10. Vivienda en ruinas Las Aldehuelas, Soria. Fuente: Elaboración propia (2022)

El resultado es una tipología constructiva enteramente lógica y funcional, ya que la arquitectura responde a las necesidades y posibilidades de sus habitantes. Esta lógica se ve reflejada en la sencillez de las técnicas constructivas tradicionales. (Gil Crespo, 2012)



Imagen 11. Almacén en ruinas Las Aldehuelas, Soria. Fuente: Elaboración propia (2022)

La arquitectura vernácula está asociada a una localización que viene determinada casi siempre por unos condicionantes geográficos y socioeconómicos (Gil Crespo, 2012). Por ello, se ha partido en el capítulo 2 de un análisis de Soria, para poder saber más sobre este tipo de arquitectura.

3.2 | La Arquitectura popular en Soria

En Soria hay diversos tipos de vivienda tradicional repartidos por el territorio; esto se debe a los distintos caracteres naturales y acontecimientos históricos que ha sufrido cada zona. Dionisio Ridruejo, escritor de la generación del 36, indica que *“La casa en que habita el hombre de Soria difiere según las influencias o proclividades de una comarca y según los materiales que se tienen a mano”*.

En la zona suroeste de la provincia es muy frecuente el cubo de adobe crudo o revocado con mortero de cal. La base se realiza con mampostería, colocando más arriba ladrillo con entramado de madera visto. (Gil Crespo, 2012)



Imagen 12. Santo Domingo de Silos (Soria). Fuente: (Ponga Mayo & Rodríguez Rodríguez, 2013)

En la imagen se puede observar una hilera de viviendas cuya envolvente se compone de piedra en las partes más bajas y entramados de madera y adobes en la parte superior. Todo ello revocado con mortero de cal para proteger principalmente los adobes de las inclemencias del tiempo.

Juan Antonio Gaya Nuño en su obra *El Santero de San Saturio* relata las diferencias entre las viviendas Ribereñas (casas en la rivera de un río) de las Serranas (casas en la sierra):

“En la Ribera del Duero en la comarca de Medina las casas son pardas de rosas con color de camuflaje. Son enjalbegadas ventanas y puertas. Al norte, otro camuflaje congruente con la Sierra. Casas de Piedra, tosca y techos de pizarra. La vivienda se adapta al color y a la sustancia del suelo, como en pocas regiones españolas ” (Gaya Nuño, 1953)



Imagen 13. Almacén en Las Aldehuelas, Soria. Fuente: Elaboración propia (2022)

Los agricultores o ganaderos no solo poseen la casa en la que habitan, sino multitud de construcciones auxiliares relacionadas con sus labores. Graneros, cuadras, colmenas, majadas, molinos, corrales, salpican los campos de las zonas rurales. (Gil Crespo, 2012)

3.3 | Elementos de la arquitectura tradicional soriana

3.3.1 | Teja doble

La teja doble se impone sobre la mayor parte del territorio provincial. Solo en algunas zonas, pierde terreno frente a la teja vana, sin dejar por ello de aparecer con mayor o menor frecuencia.

La curvatura de las tejas de la zona de Tierras Altas es menor, y la superficie mayor que la de las otras tejas empleadas más al sur, donde predomina la teja árabe.



Imagen 14. Cubierta de teja doble en Las Aldehuelas, Soria. Fuente: Elaboración propia (2022)

Las tejas de esta zona son grandes y pesadas, lo cual es bueno para que el viento y los pájaros no consigan mover con facilidad las tejas, pero, sin embargo, obliga a un continuo mantenimiento de la cubierta.

Normalmente todas las tejas pertenecientes al borde de la cubierta se fijan con mortero de cemento para evitar que se vuelen. De la misma manera, cada 3-5 filas se fijan para dar más robustez a la cubierta y evitar deslizamientos.



Imagen 15. Teja curva realizada de forma manual. Las Aldehuelas, Soria. Fuente: Elaboración propia (2022)

3.3.2 | Teja vana

En oposición a la teja doble, la teja vana (solo las canales, sin cobijas), coloniza parte del territorio provincial de Soria en la dirección Oeste, con origen en la provincia de Segovia. El territorio segoviano se caracteriza por esta particularidad y su influencia se deja notar de forma particular en la provincia de Soria. (Gil Crespo, 2012)

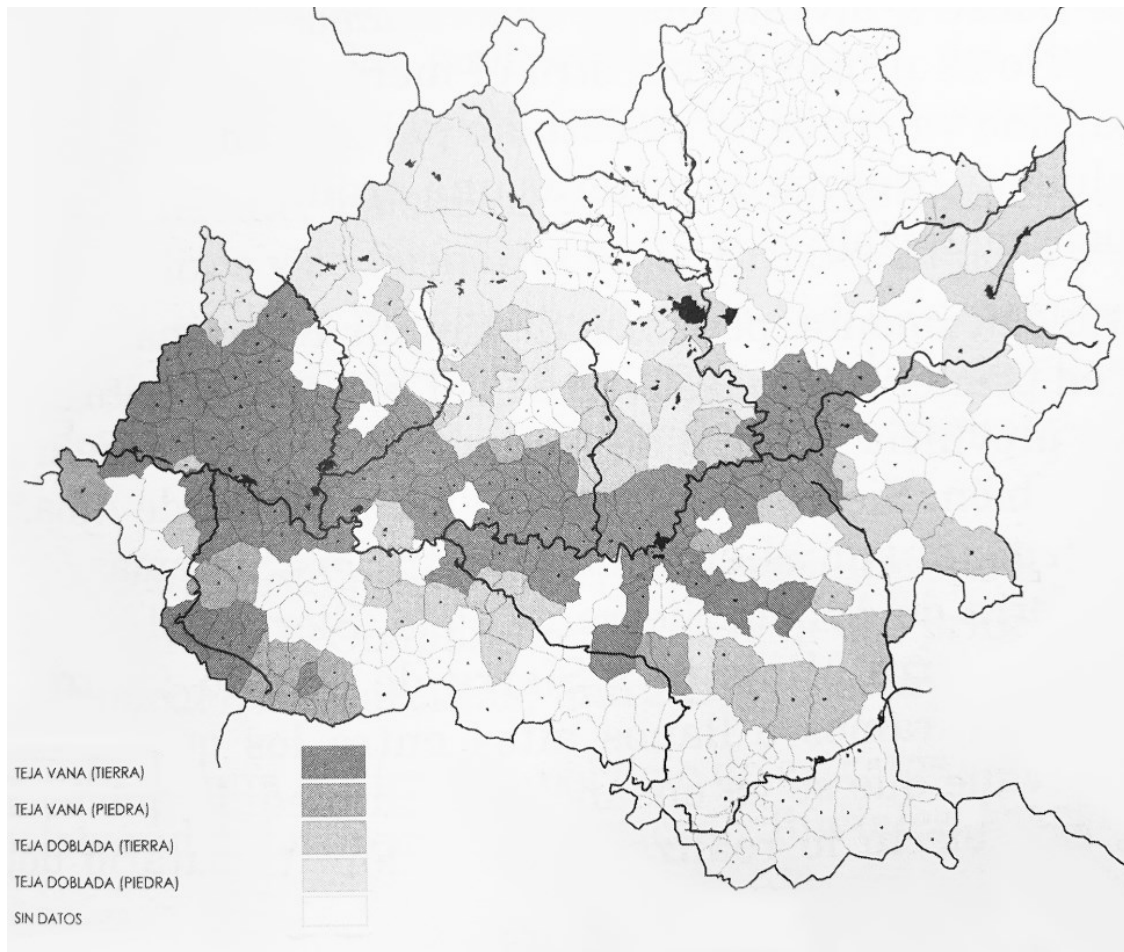


Imagen 16. Distribución geográfica de la cubierta de teja vana en la provincia de Soria (Gil Crespo, 2012)

En el mapa podemos observar que su uso se extiende masivamente por el Valle del Duero, así como por las sierras meridionales. En cambio, cuando se atraviesa las cuencas del Duero y el Ebro, el sistema de cubierta cambia al de teja doble. (Gil Crespo, 2012)

3.3.3 | Cubierta vegetal

Se trata de un tipo de cubierta que se realizaba con frecuencia para la cobertura del ganado.



Imagen 17. La Riba de Escalote (Soria), Cubierta vegetal. Vista interior Fuente: (Ángel Moreno Dopazo, 2011)

En primer lugar, se preparaba el terreno mediante desmontes y muros de contención con objeto de situar y orientar adecuadamente los edificios en emplazamientos con mucha pendiente. Los muros de cerramiento de estas constituciones solían emplear sillarejos y ser relativamente bajos, entre 1,20m y 1,50m y un espesor de 0,50m. En su cara interior se remataban con durmientes, que sirven para clavar los cabios o viguetas de la cubierta vegetal.

La estructura interior de los edificios es muy simple y racional, adaptada a unas medidas básicas y repetitivas. Se basa en la disposición de una línea central de apoyo, con soportes para apea la cumbreira, dando así lugar a edificios divididos en dos naves.

Para poder colocar la cobertura se disponían, apoyados en los muros y la cumbreira, los elementos de entrevigado, formados por materiales herbáceos, ramajes pertenecientes a las distintas especies arbóreas disponibles. Para la cobertura se colocaba en la dirección de la pendiente, normalmente paja de centeno o de trigo que se solía arrancar con la raíz y parte de la tierra para dar un mayor peso y cohesión y así hacer frente al viento y evitar el arrastre de paja.

Habitualmente se disponía en el exterior de la cobertura remates de madera en los faldones. (Ángel Moreno Dopazo, 2011)

3.3.4 | Cerramiento de mampostería

En la zona situada al norte de Soria, en Tierras Altas, los muros son de mampostería de piedra en seco; en el caso de las viviendas se aplicaba un enfoscado con cal para la terminación. Suelen tener un espesor entre 0,45m y 0,6m, constituido por dos hiladas de piedra, una a cada lado del muro, con un relleno de tierra vegetal con paja.

Depende de la pericia del albañil escoger la piedra adecuada y colocarla alineada con la cara mejor acabada visible, además de calzarla adecuadamente con pequeñas losillas de piedra. El resultado final es un muro totalmente artesano.



Imagen 18. Muro de piedra en Las Aldehuelas, Soria. Fuente: Elaboración propia (2022)

Las piedras ya labradas se pueden encontrar fácilmente en algunos pueblos cercanos de las Tierras Altas sin necesidad de recurrir a una cantera, debido a la cantidad de casas en ruina que hoy en día colonizan las zonas despobladas.

Es un tipo de labra muy tosca que apenas recibe unos cuantos golpes con una maza para conseguir su forma definitiva, la cual se remata justo antes de ser colocada si el sitio lo requiere.



Imagen 19. Montones de piedras escogidas personalmente. Las Aldehuelas, Soria. Fuente: Elaboración propia (2022)

Los cerramientos de la zona del norte de Soria objeto de este estudio son de piedra, y su materialidad se debe principalmente al clima y a la aspereza del territorio.

La tierra se utiliza principalmente para las divisiones interiores en forma de adobe (bloque de tierra con paja). Como elementos de separación también se emplea madera, entramado de mimbres entretejidas, entramados de madera con paja recubiertos de barro y sillarejo revocado.



Imagen 20. Restos de adobes. Las Aldehuelas, Soria. Fuente: Elaboración propia (2022)

El barro también se utiliza para las chimeneas, hornos y, en el caso de los muros, para asentar las piedras y mezclado con paja para rellenar el interior de las hiladas a modo de aislante. Para este último uso se es preferible un tipo de tierra más orgánica.

La madera está presente en el interior del edificio, configurando los pilares, los forjados y la armadura de la cubierta. Se emplean especies de madera de la comarca: roble y castaño o haya.

Capítulo 4 | Objetivos de desarrollo sostenible

Dado el contexto y la propuesta de estudio, considero que se cumplen los siguientes puntos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible propuestos por Naciones Unidas para la agenda de 2030.

3. Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades

Tras la crisis sanitaria del Covid-19, al pasar un mayor tiempo en casa, gran parte de la población ha sido consciente de las importantes deficiencias de sus viviendas. Esto ha afectado a las personas más mayores, uno de los colectivos vulnerables de la sociedad, que tienden a habitar viviendas más antiguas. Éstas, al no cumplir muchos de los condicionantes de habitabilidad, suponen un factor de riesgo para el desarrollo de problemas de salud y enfermedades. Abordar una posible rehabilitación y mejora de las condiciones de vida de las personas mayores que desean mantener sus hogares supone unos de los retos para la arquitectura contemporánea.

7. Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna

Este objetivo trata de conducir hacia un tipo de energía más sostenible y ampliamente disponible, mejorando además la eficiencia energética de los hogares y zonas de uso.

El sistema constructivo que se analiza promueve una alta eficiencia energética, reduciendo la energía necesaria para mantener una temperatura adecuada, algo necesario dado el clima tan áspero en el que se encuentra.

11. Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles

Desde 2007 aproximadamente más de la mitad de la población ha estado residiendo en las ciudades, y se espera que aumente hasta el 60% para 2030.

Las ciudades y las áreas metropolitanas son los centros neurálgicos de la expansión económica, ya que aportan el 60% del PIB mundial. Por otro lado, también representan el 70% del carbono generado y más del 60% del uso de los recursos disponibles (Organización Naciones Unidas, 2016).

La concentración de gente en las ciudades hace que las pequeñas zonas rurales acaben por desaparecer, debido al envejecimiento de la población y los fuertes movimientos migratorios, principalmente debidos al clima frío y la falta de infraestructuras.

Una propuesta constructiva analizada en este trabajo está enfocada en el estudio de la rehabilitación de viviendas con muros de piedra, tratando así de mitigar los efectos del clima. Sin ser necesaria una obra nueva completa se mantiene la envolvente original, adaptándola a las condiciones de habitabilidad exigidas hoy en día, favoreciendo el confort de aquellas personas que quieran continuar viviendo en sus casas y fomentar movimientos de inmigración hacia a los pueblos.

Además, se podría afirmar que la vida en los entornos rurales es más sostenible desde el punto de vista medioambiental, ya que en comparación con la vida en la ciudad que requiere de un abastecimiento continuo de recursos, esta tiende a aprovechar recursos más próximos.

13. Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos

El cambio climático afecta a todos los países de todos los continentes. Está alterando las economías globales y afectando a distintas vidas. Los sistemas meteorológicos están cambiando, el nivel del mar está subiendo y los fenómenos meteorológicos son cada vez más extremos e impredecibles (Organización de Naciones Unidas, 2016).

Se propone la construcción de viviendas en zonas casi o ya despobladas, utilizando materiales locales reduciendo así la huella de carbono y las emisiones generadas en su transporte.

Además, la vida rural ofrece la posibilidad del autoconsumo (parcial), con pequeños huertos, invernaderos y explotaciones ganaderas. Esto fomenta la recuperación de terrenos baldíos y la implantación de estrategias sostenibles de consumo, favoreciendo al consumidor frente a los grandes productores de las cadenas alimentarias.

Capítulo 5 | Vivienda propuesta para el cálculo

Para poder aplicar los cálculos sobre una vivienda y ejemplificar, de esta forma, los valores exigidos y obtenidos mediante cálculo se propone una vivienda con características muy similares idénticas a la vivienda en la que estoy trabajando personalmente.

Se encuentra adosada a una hilera de viviendas siendo ésta la última, en el extremo de la línea, orientada por su alzado más largo hacia el sur.

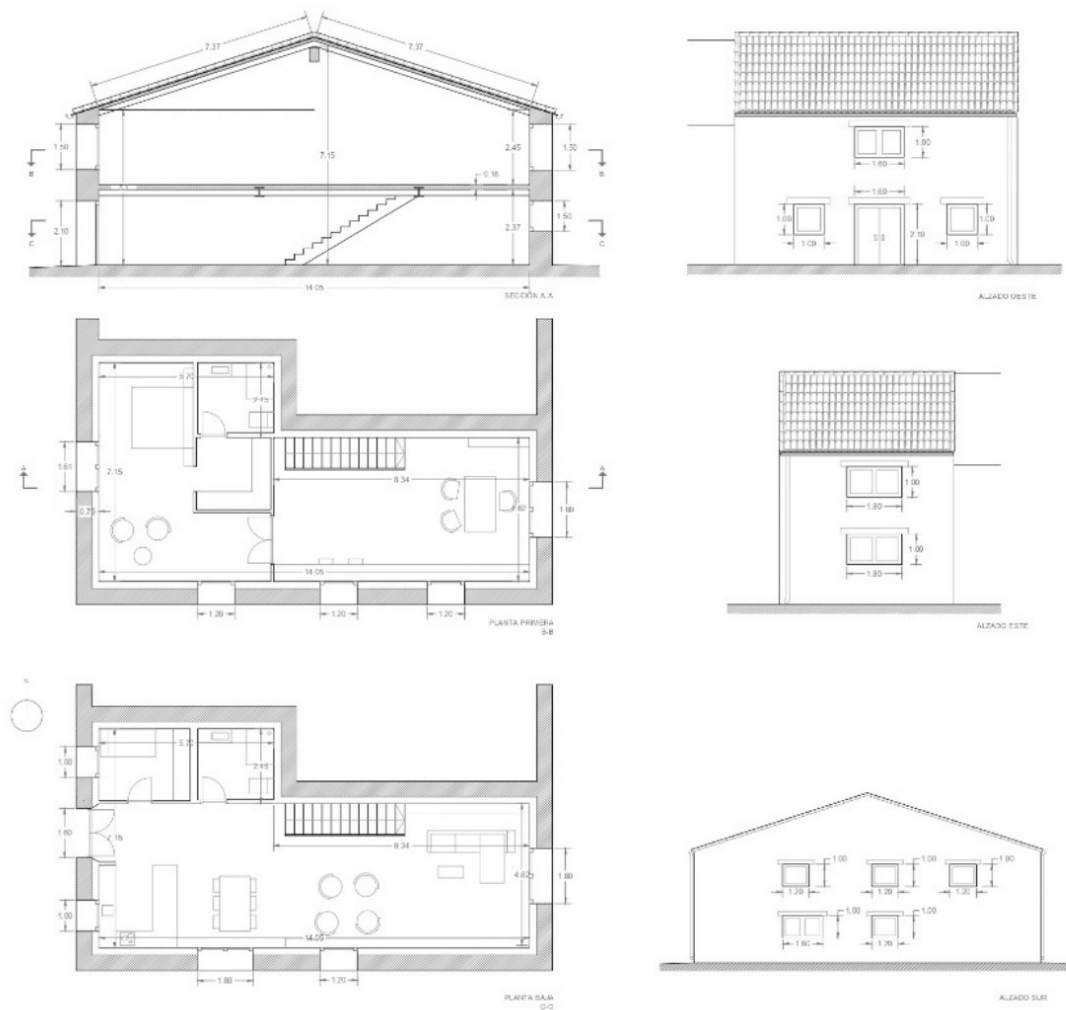


Imagen 21. Planos Vivienda propuesta para el cálculo. Fuente: Elaboración propia

	Longitud (m)	Altura (m)	Área (m²)
Cerramiento exterior	7.15+14.05+4.62	(2.45+2.37) +20.07m ² -huecos (17.16)	127.36
Medianera	8.34+2.45+5.7	(2.37+2.45) +20.07m ²	99.55
Solera	14.05x4.62+5.7x2.45		78.88
Cubierta	7.37 x 4.62	7.37 x 4.62+ 5.7x2.45	82.06
Hueco. Puerta	1.6	2.1	3.36
Huecos. Ventanas-oeste	(1x1) x2 + 1x1.6		3.60
Huecos. Ventanas-sur	(1x1.2) x4 + 1x1.8		6.60
Huecos. Ventanas-este	(1x1.8) x2		3.60
Forjado	7.15+14.05+4.62	0.16	4.13
Área envolvente (m²)			309.59
Volumen (m³)	78.88 x (2.45+2.37) + 85.94m ³	466.14	
Compacidad (V/A)	446.14/309.59	1.51	

Esta vivienda se utilizará para comprobar el cumplimiento de la normativa del Código Técnico de la Edificación en materia ahorro energético de en tres supuestos casos:

- La vivienda tradicional, sin modificaciones en el cerramiento
- La vivienda rehabilitada, manteniendo el cerramiento y adaptándolo a las necesidades actuales
- La vivienda de obra nueva, aquella que es de nueva planta y que trata de emular la apariencia de la vivienda tradicional.

Para los tres casos se va a seguir un esquema análogo:

- Descripción del sistema y la construcción
- Imágenes
- Detalle constructivo
- Cálculo de transmitancia cerramiento
- Cálculo de transmitancia solera
- Cálculo de transmitancia cubierta
- Cálculo de transmitancia huecos
- Cálculo de puentes térmicos y encuentros
- Cálculo de la transmitancia térmica global k

La **transmitancia térmica (U)** se define como "el flujo de calor que pasa por unidad de superficie del elemento y por grado de diferencia de temperaturas entre dos ambientes separados por dicho elemento". Su unidad en el Sistema Métrico Decimal es W/(m²·K), Watt por metro cuadrado por Kelvin.

Cuanto mayor sea la transmitancia de un elemento (U), mayores serán las pérdidas de calor durante el invierno y mayores las ganancias durante el verano. Por lo tanto, se busca un valor de U reducido, ya que indica que el aislamiento térmico es mejor y las pérdidas de calor será menores (María Blender, 2015).

El Documento Básico "DB HE-1" establece unos parámetros objetivos en los que se limita las transmitancias máximas y las recomendadas para edificios residenciales según su zona climática.

Capítulo 6 | Sistema tradicional

El sistema que se va a estudiar es el propio de la zona de Tierras Altas en Soria, que se caracteriza por un clima adverso, sobre todo en invierno, con fuertes nevadas y largos inviernos.

El cerramiento común está compuesto por piedra tosca colocada con una ligera capa de barro entre piedra y piedra. En las viviendas, el muro posteriormente era revocado con mortero de cal.

El proceso de construcción era el siguiente:

- Excavación de una zanja de aproximadamente 40-50cm de profundidad (en ocasiones apoyaban en terreno firme).
- Se arrancaba el muro colocando grandes rocas en la base. Una persona en cada lado del muro elevaba el cerramiento de forma uniforme, mientras otro grupo de personas se encargaba de transportar las piedras a la obra.
- A la altura de cada forjado se instalaban las vigas y viguetas de madera que formarían los suelos.
- A los huecos se les prestaba especial atención, realizando las aristas de las jambas de la manera más estética y firme posible, lo que se traduciría en más tiempo necesario para tallar esas rocas. Los dinteles se hacían con sillares o con vigas de madera.
- A la altura de la cubierta se colocaba una vigueta de madera sobre el muro a modo de zuncho perimetral donde descansarían los cabios.
- En la cubierta se montaba un entramado de vigas y cabios sobre los que normalmente se clavaban tablas, aunque también en otros casos se empleaban ramas y fibras vegetales.
- Encima, se esparcía una capa de tierra y paja de unos 8cm de espesor a modo de material aislante,
- Finalmente se colocaban las tejas curvas de forma doble, primero las canales y encima las cobijas.



Imagen 24. Cubierta de madera. Soria. Fuente: Elaboración propia (2022)



Imagen 23. Cubierta de teja. Las Aldehuelas, Soria. Fuente: E.P. (2022)



Imagen 22. Muro de piedra, elaboración propia. Soria. Fuente: E.P. (2022)

6.1 | Memoria constructiva

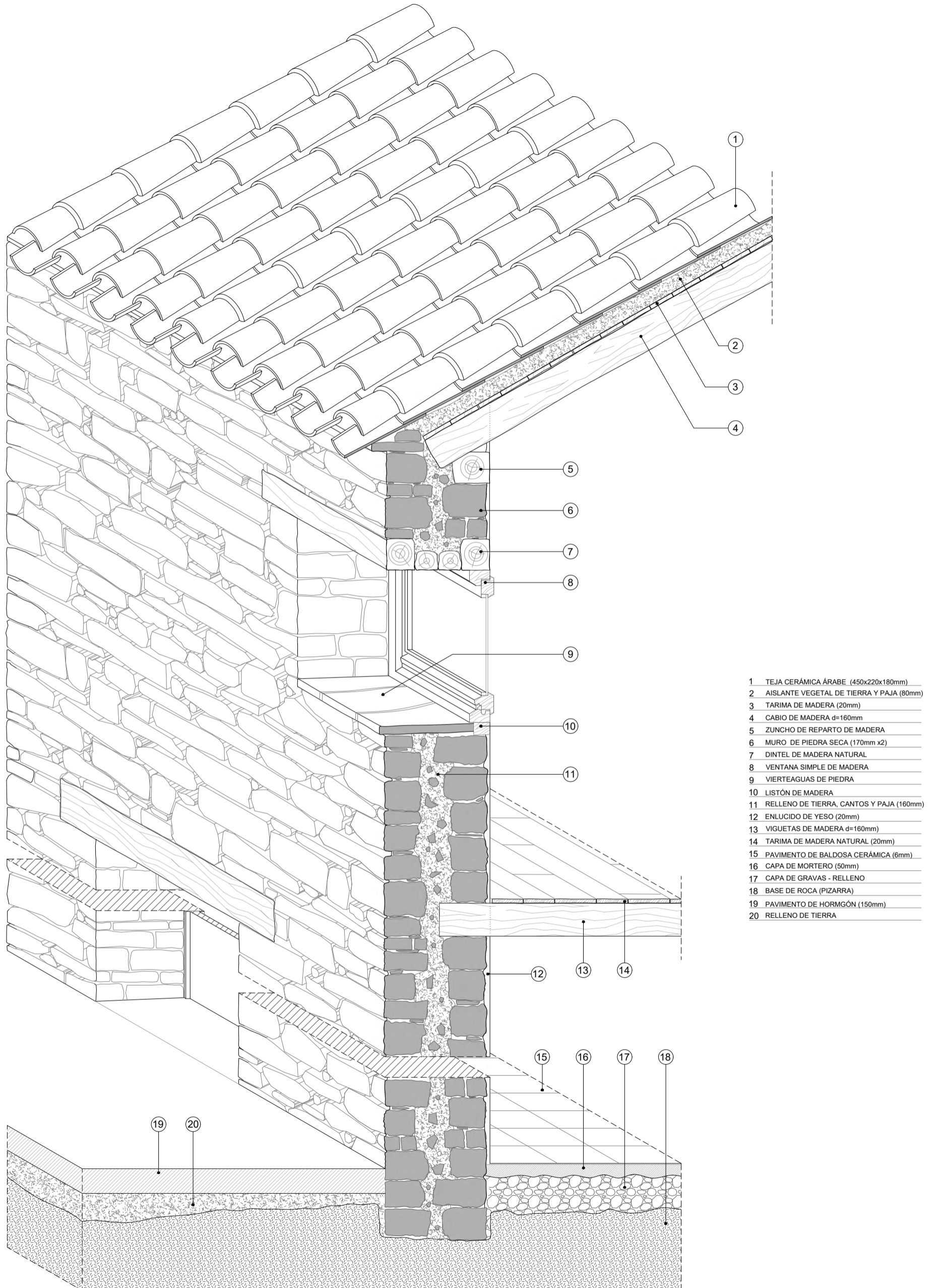


Imagen 25. Detalle cerramiento sistema tradicional. Fuente: elaboración propia

6.2 | Cerramiento. Sistema tradicional

En primer lugar, se emplea el DB-HE-1 del Código Técnico de la Edificación (CTE) para conocer la transmitancia térmica recomendada por la normativa para el cerramiento tradicional. Posteriormente se calculará el valor de la transmitancia real del sistema y se comparará para ver si cumple conforme a la normativa.

Zona: Las Aldehuelas (Soria).

Se consulta la tabla a del DB HE, ubicada en su anejo E; la zona climática para Soria es la E1 (zona climática E de invierno y 1 de verano, es decir, los climas más fríos para ambas estaciones). Se obtiene entonces la U máxima recomendada para los muros y suelos en contacto con el aire exterior.

U en muro = 0,23 W/m²K

**Tabla a-Anejo E. Transmitancia térmica del elemento,
U [W/m² K]**

	Zona Climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Muros y suelos en contacto con el aire exterior, U _M , U _S	0,56	0,50	0,38	0,29	0,27	0,23

Imagen 26. Tabla a- Anejo E. (Documento Básico HE-CTE, 2022)

Una vez conocida la transmitancia exigida para el cerramiento, se procede al cálculo de la transmitancia "real" del sistema tradicional.

En primer lugar, se toman los datos de las resistencias termicas superficiales, tanto interior como exterior, que se encuentran en la Tabla 1 del DB-HE-1. En este caso, se contemplan cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal.

R_{se}=0.04 m²K/W

R_{si}= 0.13 m²K/W

Tabla 1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior [m²·K/W]

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	R _{se}	R _{si}
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal 	0,04	0,13

Imagen 27. Tabla 1. Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior. Fuente: DB-HE / 1-CTE, 2020)

Para el cálculo de la transmitancia del cerramiento se divide en las capas que lo componen con el espesor de cada material **e (m)** y con sus respectivas conductividades térmicas **λ(W/mK)**. El resultado es la resistencia térmica de cada material **R (m²K/W)**, que sumado a las resistencias superficiales se obtiene la resistencia térmica total **RT(m²K/W)**. Con la RT podemos calcular la transmitancia térmica **U =1/RT**, la cual nos indica si cumple el cerramiento conforme a la normativa.

	e (m)	λ(W/mK)	R (m ² K/W)
R _{se}			0.040
Piedra arenisca	0.18	3	0.060
Tierra vegetal	0.12	0.52	0.231
Piedra arenisca	0.18	3	0.060
Enlucido de yeso	0.02	0.4	0.050
R _{si}			0.130
Espesor total	0.5		
RT			0.571
U =1/RT			1.752

U_m =1/RT = 1/0,571= 1,752 m²k/W > 0,23 m²k/W **NO CUMPLE**

e Espesor de una capa, en m
 Λ: Conductividad térmica en W/mK
 R: la resistencia térmica, en m² K/ W. (R= e / Λ)
 RT: Resistencia térmica total, en m² K/ W. (RT= R+R+R...)
 U Transmitancia térmica, en W/m² ·K (U= 1/ RT)
 Rse: Resistencia térmica superficial exterior, en m² K/ W
 Rsi: Resistencia térmica superficial interior, en m² K/ W

6.3 | Solera. Sistema tradicional

Se utiliza el DB-HE-1 del Código Técnico de la Edificación (CTE). para conocer la transmitancia térmica recomendada por la normativa para la solera del sistema tradicional. Posteriormente se calculará el valor de la transmitancia real del sistema y se comparará para ver si cumple conforme a la normativa

Zona: Las Aldehuelas (Soria). Zona climática: E1

Consultando la tabla a del anejo E del DB-HE-1 se obtiene la transmitancia máxima recomendada para elementos en contacto con el terreno.

U en suelo = 0,48 W/m²K.

Tabla a-Anejo E. Transmitancia térmica del elemento, U [W/m² K]

	Zona Climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Elementos en contacto con espacios no habitables o con el terreno, U _T	0,80	0,80	0,69	0,48	0,48	0,48

Imagen 28. Tabla a-Anejo E. Fuente: (Documento Básico HE-CTE, 2022)

El sistema tradicional no contemplaba colocar aislante debajo de la solera, ya que rara vez había hormigón más allá de la entrada (habitualmente llamado portal). La planta baja de las viviendas se usaba para guardar el ganado, que radiaba calor a las plantas superiores, por lo que el suelo en su mayoría era de tierra y restos orgánicos.

Para calcular la transmitancia de la solera del sistema tradicional se parte del supuesto de que no se incluye aislante; se emplea la Tabla 3 del DB-HE-1, accediendo por la columna Ra=0 (es decir, sin aislamiento térmico) e introduciendo el parámetro B'. Con estos dos valores se obtiene el valor de la transmitancia de la solera.

$$B' = \frac{A}{\frac{1}{2}P}$$

A= 78,78m²
 P=25,82m
 B'= 78,78m²/ (0,5x 25,82m) = 6,11

Tabla 3 Transmitancia térmica U_s [W/m²·K]

B'	R _a	D = 0.5 m					D = 1.0 m					D ≥ 1.5 m				
		R _s [m ² ·K/ W]					R _s [m ² ·K/ W]					R _s [m ² ·K/ W]				
		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
1	2,35	1,57	1,30	1,16	1,07	1,01	1,39	1,01	0,80	0,66	0,57	-	-	-	-	-
2	1,56	1,17	1,04	0,97	0,92	0,89	1,08	0,89	0,79	0,72	0,67	1,04	0,83	0,70	0,61	0,55
3	1,20	0,94	0,85	0,80	0,78	0,76	0,88	0,76	0,69	0,64	0,61	0,85	0,71	0,63	0,57	0,53
4	0,99	0,79	0,73	0,69	0,67	0,65	0,75	0,65	0,60	0,57	0,54	0,73	0,62	0,56	0,51	0,48
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

Imagen 29. Tabla 3. Transmitancia térmica. Fuente: (DA DB-HE / 1-CTE, 2020)

Se interpola el valor para B'=6,11

$$U_s = 0,74 + ((6,11 - 6) / (7 - 6)) \times (0,66 - 0,74) = 0,7312 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_s = 0,7312 \text{ W/m}^2\text{K} > 0,48 \text{ W/m}^2\text{K} \text{ NO CUMPLE}$$

P= longitud del perímetro exterior de la solera (m)

A= área de la solera (m²)

B= cociente entre la superficie del suelo y la longitud de su semiperímetro expuesto.

6.4 | Cubierta. Sistema tradicional

Se emplea el DB-HE-1 del Código Técnico de la Edificación (CTE) para conocer la transmitancia térmica recomendada por la normativa para la cubierta del sistema tradicional. Posteriormente se calculará el valor de la transmitancia real del sistema y se comparará para ver si cumple conforme a la normativa

Zona: Las Aldehuelas (Soria).

Zona climática: E1

De la tabla a del anejo E del DB-HE-1 se obtiene la transmitancia máxima recomendada para las cubiertas en contacto con el aire exterior.

U en cubierta= 0,19 W/m²K.

Tabla a-Anejo E. Transmitancia térmica del elemento,
U [W/m² K]

	Zona Climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Cubiertas en contacto con el aire exterior, U _c	0,50	0,44	0,33	0,23	0,22	0,19

Imagen 30. Tabla a-Anejo E. Fuente: (Documento Básico HE-CTE, 2022)

Una vez conocida la transmitancia exigida para la cubierta, se procede al cálculo de la transmitancia "real" del sistema tradicional.

De forma análoga a los cerramientos, se toman los datos de las resistencias térmicas superficiales, tanto interior como exterior, que se encuentran en la Tabla 1 del DB-HE-1. En este caso se emplean los datos de cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal.

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{si} = 0,10 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Tabla 1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior [m²·K/ W]

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	R _{se}	R _{si}
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente (techo)	0,04	0,10

Imagen 31. Tabla 1. Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior. Fuente: DB-HE / 1-CTE, 2020)

Para el cálculo de la transmitancia de la cubierta se divide en las capas que la componen con el espesor de cada material **e (m)** con sus respectivas conductividades térmicas **λ(W/mK)**. El resultado es la resistencia térmica de cada material **R (m²K/W)**, que sumado a las resistencias superficiales se obtiene la resistencia térmica total **RT(m²K/W)**. Con la RT podemos calcular la transmitancia térmica **U =1/RT**, la cual nos indica si cumple la cubierta conforme a la normativa.

Capa	e (m)	λ(W/mK)	R (m²k/W)
Rse			0.040
Teja de arcilla cocida	0.018	1	0.018
Capa de tierra y paja	0.1	0.52	0.192
Tarima (frondosa ligera)	0.02	0.15	0.133
Rsi			0.100
Espesor total	0.138		
RT			0.484
U =1/RT			2.068

$$U_c = 1/RT = 1/0,484 = 2.068 \text{ m}^2\text{k/W} < 0,19 \text{ m}^2\text{k/W} \text{ NO CUMPLE}$$

e Espesor de una capa, en m
 λ: Conductividad térmica en W/mK
 R: la resistencia térmica, en m² K/ W. (R= e / λ)
 RT: Resistencia térmica total, en m² K/ W. (RT= R+R+R...)
 U: Transmitancia térmica, en W/m² ·K (U= 1/ RT)
 Rse: Resistencia térmica superficial exterior, en m² K/ W
 Rsi: Resistencia térmica superficial interior, en m² K/ W

6.5 | Huecos. Sistema tradicional

Se emplea el DB-HE-1 del Código Técnico de la Edificación (CTE) para conocer la transmitancia térmica recomendada por la normativa para los huecos del sistema tradicional. Posteriormente se calculará el valor de la transmitancia real de estos y se comparará para ver si cumple conforme a la normativa

Zona: Las Aldehuelas (Soria).

Zona climática: E1

De la tabla a del anejo E del DB-HE-1 se obtiene la transmitancia máxima recomendada para los huecos.

U en huecos = 1,5 W/m²K.

Tabla a-Anejo E. Transmitancia térmica del elemento,
U [W/m² K]

	Zona Climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Huecos (conjunto de marco, vidrio y, en su caso, cajón de persiana), U _H	2,7	2,7	2,0	2,0	1,6	1,5

Imagen 32. Transmitancia térmica del elemento. Fuente: (Documento Básico HE-CTE, 2022)

6.5.1 | Ventanas

Para realizar el análisis de las carpinterías de madera se emplea el (Catálogo de Elementos Constructivos del CTE, 2010), que ofrece valores de transmitancia para huecos realizados con marcos de madera y vidrio sencillo; no se considera el factor sombra debido a la posición de las ventanas respecto al muro, a la zona climática y al tamaño de las ventanas.

Se comprueba que el tipo de huecos del sistema tradicional no cumple, con una gran diferencia de valores entre la transmitancia "real" y la exigida hoy en día por la normativa.

4.3.1.1.4 Marco de madera. Sin capialzado.

HUECO sin capialzado									
MARCO DE MADERA de 500 kg/m ³ de densidad						Umarco		2,2	
Acristalamiento incoloro vertical									
HE									
Composición		Vidrios normales				1 vidrio normal + 1 vidrio de baja emisividad			
Tipo	Espesor (mm)	Fracción de marco ⁽¹⁾ 20%		Fracción de marco ⁽¹⁾ 40%		Fracción de marco ⁽¹⁾ 20%		Fracción de marco ⁽¹⁾ 40%	
		U _H (W/m ² ·K)	$\frac{F_H}{F_S}$ (2)(3)	U _H (W/m ² ·K)	$\frac{F_H}{F_S}$ (2)(3)	U _H (W/m ² ·K)	$\frac{F_H}{F_S}$ (2)(3)	U _H (W/m ² ·K)	$\frac{F_H}{F_S}$ (2)(3)
Vidrio sencillo	4	5,0		4,3		-		-	

Imagen 33. Marco de madera. Fuente: (Catálogo de Elementos Constructivos del CTE, 2010)

$$U_h = 1/RT = 5 \text{ W/m}^2\text{K} > 1.5 \text{ W/m}^2\text{K} \text{ NO CUMPLE}$$

6.5.2 | Puerta de acceso

El cálculo de la puerta del sistema tradicional se realiza manualmente, considerando una puerta maciza de madera y un espesor orientativo. El valor de la transmitancia se obtiene de dividir la unidad entre la suma de las resistencias térmicas. Se puede comprobar que tampoco cumple, ya que el espesor de madera no es suficiente.

Capa	e (m)	λ(W/mK)	R (m2k/W)
Rse			0.040
Puerta madera (frondosa ligera)	0.04	0.15	0.267
Rsi			0.100
RT			0.407
U =1/RT			2.459

$$U_h = 1/RT = 2.459 \text{ W/m}^2\text{K} > 1.5 \text{ W/m}^2\text{K} \text{ NO CUMPLE}$$

Rse: Resistencia térmica superficial exterior, en m2 K/ W
 Rsi: Resistencia térmica superficial interior, en m2

6.6 | Puentes térmicos: alfeizar, dintel, jambas

Suponiendo que la capa de tierra del núcleo del cerramiento vertical actúa como aislamiento, las tablas donde obtener los datos de la transmitancia se encuentran en el DA DB-HE-3 del CTE.

Debido a la alta transmitancia del muro (Um= 1,752 m²k/W > 0,23 m²k/W), no es posible tomar datos de las tablas de los puentes térmicos, ya que el valor de la transmitancia del muro sobrepasa el límite que la normativa contempla. Se intuye que con el propio cerramiento la envolvente ya no cumple con el parámetro 0,62 W/m²K de la Tabla 3.1.1.b. Valor límite k para uso residencial privado. Fuente: DB-HE-1-CTE, 2020) la normativa al no haber cumplido ninguno de los elementos anteriores calculados.

Se emplean los valores anteriores ya calculados de la transmitancia del muro y del marco (ver imagen 36) para analizar los puentes térmicos; estos valores son:

Umuro= 1,752 W/m²K

Umarco= 2,2 W/m²K

Se recoge la transmitancia térmica lineal (Ψ) aproximada recogida en el DB-HE-3 del alféizar, el dintel y las jambas.

5.7.1 | Alféizar

Grupo 2. Alféizares sin continuidad entre el aislamiento de fachada y la carpintería, sin gran separación entre ambos elementos. El flujo de calor se produce a través del material que separa la carpintería del aislamiento.

U _{muro} [W/m ² K]	Ψi [W/mK]				
	U _{marco} [W/m ² K]				
	5,7	4,0	3,2	2,2	1,8
0,73	0,20	0,14	0,13	0,13	0,13
0,44	0,23	0,16	0,15	0,15	0,15
0,31	0,24	0,17	0,16	0,16	0,17
0,27	0,25	0,18	0,17	0,17	0,17
0,24	0,25	0,18	0,17	0,17	0,17

Imagen 34. Transmitancia térmica lineal alféizar. Grupo 2. Fuente: DA DB-HE-3

5.7.2 | Dintel

Grupo 2: Dinteles sin continuidad entre el aislamiento de fachada y la carpintería. El puente térmico se agudiza conforme disminuyen las transmitancias del muro y de la carpintería.

U _{muro} [W/m ² K]	Ψi [W/mK]				
	U _{marco} [W/m ² K]				
	5,7	4,0	3,2	2,2	1,8
0,73	0,62	0,60	0,62	0,64	0,65
0,44	0,69	0,67	0,68	0,70	0,71
0,31	0,73	0,70	0,72	0,74	0,74
0,27	0,74	0,72	0,73	0,75	0,76
0,24	0,75	0,73	0,74	0,76	0,77

Imagen 35. Transmitancia térmica lineal dintel. Grupo 2. Fuente: DA DB-HE-3

5.7.3 | Jambas

Grupo 2. Jambas sin continuidad entre el aislamiento de fachada y carpintería. El flujo de calor se produce a través del material que separa la carpintería del aislamiento.

U _{muro} [W/m ² K]	Ψi [W/mK]				
	U _{marco} [W/m ² K]				
	5,7	4,0	3,2	2,2	1,8
0,73	0,47	0,39	0,40	0,41	0,41
0,44	0,49	0,42	0,43	0,44	0,44
0,31	0,50	0,43	0,43	0,44	0,45
0,27	0,50	0,43	0,43	0,44	0,45

Imagen 36. Transmitancia térmica lineal jamba. Grupo 2. Fuente: DA DB-HE-3

6.7 | Cálculo de la transmitancia térmica global K

El coeficiente global de transmisión de calor (k) es el valor medio del coeficiente de transmisión de calor para la superficie de intercambio térmico de la envolvente. Se expresa en W/m² K (Documento Básico HE-CTE, 2022).

$$K = \Sigma(W/K) / \text{Área envolvente}$$

Para el cálculo de los parámetros característicos de la envolvente se emplea el DA DB-HE y al DA DB-HE-1 del CTE.

Se obtiene el valor K_{lim} ($W/m^2 \cdot K$) para el supuesto caso de que el sistema tradicional fuera construido sin ningún tipo de actualización. Se aplica sobre la vivienda propuesta para el cálculo (ver apartado 5).

Área envolvente: $309,59 \text{ m}^2$

Volumen: $466,1416 \text{ m}^3$

Compacidad (V/A): $446,14/309,59 = 1,50 \text{ m}^3/\text{m}^2$

Para obtener el valor K_{lim} se toma el valor de compacidad ofrecido en la tabla 3.1.1.b que resulta más desfavorable.

K_{lim} : $0,62 \text{ W/m}^2 \cdot K$

Tabla 3.1.1.b - HE1 Valor límite K_{lim} [$W/m^2 \cdot K$] para uso residencial privado

	Compacidad V/A [m^3/m^2]	Zona climática de invierno					
		α	A	B	C	D	E
Edificios nuevos y ampliaciones	$V/A \leq 1$	0,67	0,60	0,58	0,53	0,48	0,43
	$V/A \geq 4$	0,86	0,80	0,77	0,72	0,67	0,62

Imagen 37. Tabla 3.1.1.b. Valor límite k para uso residencial privado. Fuente: DB-HE-1-CTE, 2020)

Para obtener el valor de la transmitancia térmica global se realizan dos cálculos. Por un lado, se multiplica la transmitancia térmica de cada elemento U (W/m^2K) por el área que ocupan en la envolvente con el exterior o la solera.

Por otro lado, los puentes térmicos se calculan de manera lineal, multiplicando ψ_i (W/mK) por la longitud de los elementos a los que afectan.

	U (W/m^2K)	A (m^2)	W/K
Cerramiento	1.752	127.36	223.14
Solera	0.731	78.88	57.67
Cubierta	2.068	82.06	169.68
Hueco - ventanas	5	13.80	69.00
Hueco - puerta	2.459	3.36	8.26
	ψ_i (W/mK)	L (m)	W/K
Alféizar	0	13.8	0.00
Dintel	0	13.8	0.00
Jambas	0	20	0.00
E. Solera-muro	0	10.2	0.00
E. Muro-cubierta	0	25.82	0.00
E. Forjado	0	25.82	0.00
TOTAL. $\Sigma(W/K)$			527.76
$K = \Sigma(W/K) / \text{Área envolvente}$		527.76/309.59	1.70

$$K = \Sigma(W/K) / \text{Área envolvente} = 1.7 \text{ W/m}^2 \cdot K > 0,62 \text{ W/m}^2 \cdot K \text{ NO CUMPLE}$$

Se comprueba que, a pesar de no incluir los puentes térmicos en el cálculo, la transmitancia térmica global sigue sin cumplir.

RT: Resistencia térmica total, en $m^2 K/ W$. (RT= R+R+R...)

Ψ : Transmitancia térmica lineal (W/mK)

U: Transmitancia térmica, en $W/m^2 \cdot K$ (U= 1/ RT)

Rse: Resistencia térmica superficial exterior, en $m^2 K/ W$

Rsi: Resistencia térmica superficial interior, en $m^2 K/ W$

Compacidad (V/A): Relación entre el volumen encerrado por la envolvente térmica del edificio y la suma de las superficies de intercambio térmico con el aire exterior o el terreno de dicha envolvente térmica.

6.8 | Condensaciones. Econdensa

El proceso para comprobar la limitación de condensaciones superficiales e intersticiales en los cerramientos queda reflejado en el DA DB-HE / 2.

En esta ocasión se ha procedido a realizar las comprobaciones mediante el programa “Econdensa”, un software gratuito de *Aurea Consulting*, que permite obtener los datos de las condensaciones de una forma bastante detallada

Este programa utiliza los materiales predefinidos por el CTE en su (Catálogo de Elementos Constructivos del CTE, 2010) con sus respectivas conductividades. Además, es posible configurar la ciudad donde se va a realizar el cálculo, lo que ajusta las temperaturas mes a mes.

La ubicación es en Las Aldehuelas (1171 msnm), en este caso seleccionamos Soria (altitud de referencia de 984m) y le añadimos 187m para alcanzar la altitud del pueblo donde se ubica la vivienda.

6.8.1 | Cerramiento

Condiciones de Cálculo

Ubicación
Capital de provincia: Soria Altitud de referencia (m): 984
Diferencia de altura sobre la altitud de referencia (sólo si es positiva): 187 m

Modificar condiciones estándar

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
T	2.9	4	5.8	8	11.8	16.1	19.9	19.5	16.5	11.3	6.1	3.4
HR	77	73	68	67	64	60	53	54	60	70	76	78

Temperatura interior (CTE-HE = 20 °C): 20 °C

Humedad interior
 Sin datos conocidos sobre la humedad Higrometría 3 o inferior
 Humedad relativa interior constante y conocida % 50
 Producción de humedad y renovación del aire conocidos
 G (kg/h) 0.01 n (h⁻¹) 1 V (m³) 10

Disposición del cerramiento
 Vertical Horizontal y flujo ascendente Horizontal y flujo descendente
 Es una partición interior en contacto con un espacio no habitable

Aceptar Cancelar

Imagen 39. Datos. Fuente: Econdensa

Nombre	e	lambda	mu	R	U
Arenisca [2200 < d < 2600]	18	3	50	0.06	16.666667
Tierra vegetal [d < 2050]	12	0.52	1	0.230769	4.333333
Arenisca [2200 < d < 2600]	18	3	50	0.06	16.666667
Enlucido de yeso d < 1000	2	0.4	6	0.05	20.0
TOTALES	50	0		0.571	1.752

Imagen 38. Transmitancia del cerramiento. Fuente: Econdensa

Nombre	e	ro	mu	R	U	Pvap	Psat	Condens.Acum.
Arenisca [2200 < d < 2600]	18	3	50	0.06	16.66666	833.3	833.3	0.02092
Tierra vegetal [d < 2050]	12	0.52	1	0.230769	4.333333	839.17	1403.971	0
Arenisca [2200 < d < 2600]	18	3	50	0.06	16.66666	1279.453	1599.551	0
Enlucido de yeso d < 1000	2	0.4	6	0.05	20.0	1285.323	1780.392	0

Si hay condensación en el aislante, deberá justificarse en el proyecto que éste no sufre degradación.

Las capas se ordenan de exterior a interior. El dato de condensación corresponde a la interfase entre cada capa y la siguiente, pudiendo darse en el interior de la capa si el material es aislante.

Text (°C): 1.03 Hrel.ext (%): 88 fRa = 0.562 Hay condensaciones superficiales.
 Tint (°C): 20 Hrel.int (%): 55 fRa.min = 0.64 La cantidad evaporada es superior a la condensada.

Mes: E F O N D A M J J A S O N D **NO CUMPLE**

Imagen 40. Condensaciones del cerramiento. Fuente: Econdensa

Los datos introducidos aparecen en la imagen anterior. El orden del cerramiento es de exterior a interior.

El software indica que el cerramiento no cumple con la normativa actual y además indica la parte del cerramiento que condensa: la capa de piedra exterior.

En este caso podemos observar que se producen condensaciones los meses de enero, febrero, marzo y diciembre.

6.8.2 | Cubierta

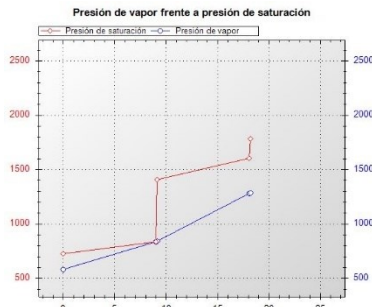


Imagen 42. Punto de condensación. Fuente: Econdensa

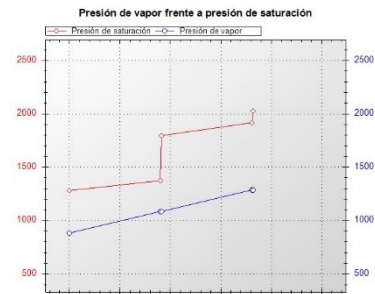


Imagen 41. Sin condensaciones. Fuente: Econdensa

De nuevo, se introduce la ubicación de la vivienda y las capas que componen la cubierta del sistema tradicional de exterior a interior.

Condiciones de Cálculo

Ubicación
Capital de provincia: Soñia Altitud de referencia (m): 984
Diferencia de altura sobre la altitud de referencia (sólo si es positiva): 187 m

Modificar condiciones estándar

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
T	2.9	4	5.8	8	11.8	16.1	19.9	19.5	16.5	11.3	6.1	3.4
HR	77	73	68	67	64	60	53	54	60	70	76	78

Temperatura interior (CTE-HE = 20 °C): 20 °C

Humedad interior
 Sin datos conocidos sobre la humedad Higrometría 3 o inferior
 Humedad relativa interior constante y conocida % 50
 Producción de humedad y renovación del aire conocidos
 G (kg/h): 0.01 n (h⁻¹): 1 V (m³): 10

Disposición del cerramiento
 Vertical Horizontal y flujo ascendente Horizontal y flujo descendente
 Es una partición interior en contacto con un espacio no habitable

Aceptar Cancelar

Imagen 44. Datos. Fuente: Econdensa

Nombre	e	lambda	mu	R	U
Teja de arcilla cocida	1.8	1	30	0.018	55.555556
Tierra vegetal [d < 2050]	10	0.52	1	0.192308	5.20
Froncosa ligera 435 < d < 565	2	0.15	50	0.133333	7.5
TOTALES	13.8	0		0.484	2.068

Imagen 43. Transmitancia de la cubierta. Fuente: Econdensa

Nombre	e	ro	mu	R	U	Pvap	Paat	Condens.Acum.
Teja de arcilla cocida	1.8	1	30	0.018	55.55555	773.933	773.933	0.10273
Tierra vegetal [d < 2050]	10	0.52	1	0.192308	5.20	820.423	1298.806	0
Froncosa ligera 435 < d < 565	2	0.15	50	0.133333	7.5	1285.323	1826.313	0

Si hay condensación en el aislante, deberá justificarse en el proyecto que éste no sufre degradación.

Las capas se ordenan de exterior a interior. El dato de condensación corresponde a la interfase entre cada capa y la siguiente, pudiendo darse en el interior de la capa si el material es aislante.

Text (°C): 1.03 Hel.ext (%): 88 Enero fRa = 0.4831 Hay condensaciones superficiales.
 Tint (°C): 20 Hel.int (%): 55 fRa.min = 0.64 La cantidad evaporada es superior a la condensada.

Mez: E O F M A M J J A S O N D **NO CUMPLE**

Imagen 45. Condensaciones de la cubierta. Fuente: Econdensa

De nuevo, esta parte de la envolvente no cumple con la normativa actual en materia de condensaciones. Es en las tejas donde se produce la condensación.

En este caso se puede observar que se producen condensaciones los meses de enero, febrero y diciembre.

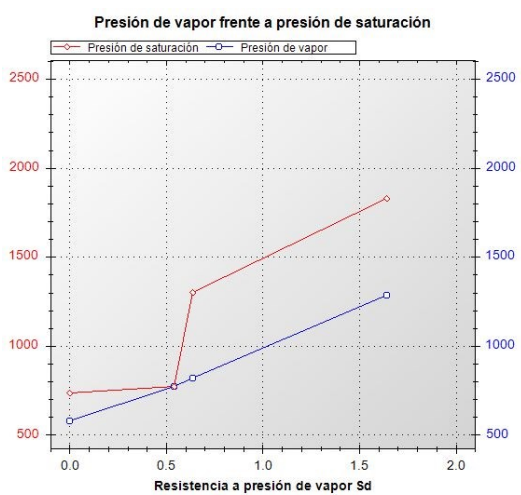


Imagen 46. Punto de condensación. Fuente: Econdensa

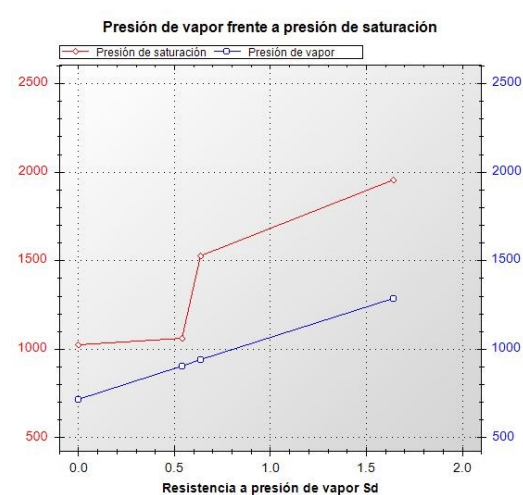


Imagen 47. Sin condensaciones. Fuente: Econdensa

Capítulo 7 | Rehabilitación

En este caso se propone mantener el cerramiento existente, llevando a cabo una mejora de las condiciones de confort, considerando:

- Ventajas: menor cantidad de recursos, menor precio, menor tiempo de ejecución y menor contaminación acústica y atmosférica.
- Desventajas: mayor espesor del muro (74cm), limitación en la superficie útil condicionada por la envolvente existente y limitación en el diseño debido a posibles restricciones acerca de la apertura de huecos.

El proceso de construcción es el siguiente:

- Derrumbe controlado y desescombro de la vivienda, a excepción de los muros.
- Excavación de la cota 0 (cota de terminación de la planta baja) hasta aproximadamente -55cm.
- Realización de zuncho perimetral donde se apoyarán los muros de termoarcilla.
- Proyección de espuma de poliuretano por la cara interna del cerramiento.
- Arranque del muro de termoarcilla.
- Colocación de capa de gravas + hormigón de limpieza + lámina drenante + aislante térmico + geotextil + solera de hormigón.
- Continuación del muro de termoarcilla hasta la altura del primer forjado, uniendo el muro exterior y el interior con varillas repartidas en distintas hiladas.
- En huecos y niveles intermedios se dispondrán zunchos que garanticen el reparto de cargas de manera uniforme.
- Continuación del muro hasta la altura de la cubierta donde se realiza otro zuncho perimetral sobre el que se disponen los cabios y vigas que forman el entramado de la cubierta.
- Para la cubierta, desde la cara superior: se clava la tarima de madera + barrera corta vapor + rastrel de madera + aislante térmico + tablero hidrófugo + lámina impermeable transpirable + rastreles de madera + teja mixta.



Imagen 48. Trasdoso de termoarcilla, Soria. Fuente: Elaboración propia. (2022)

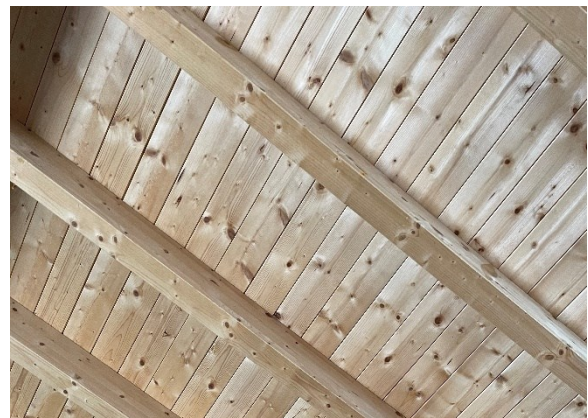
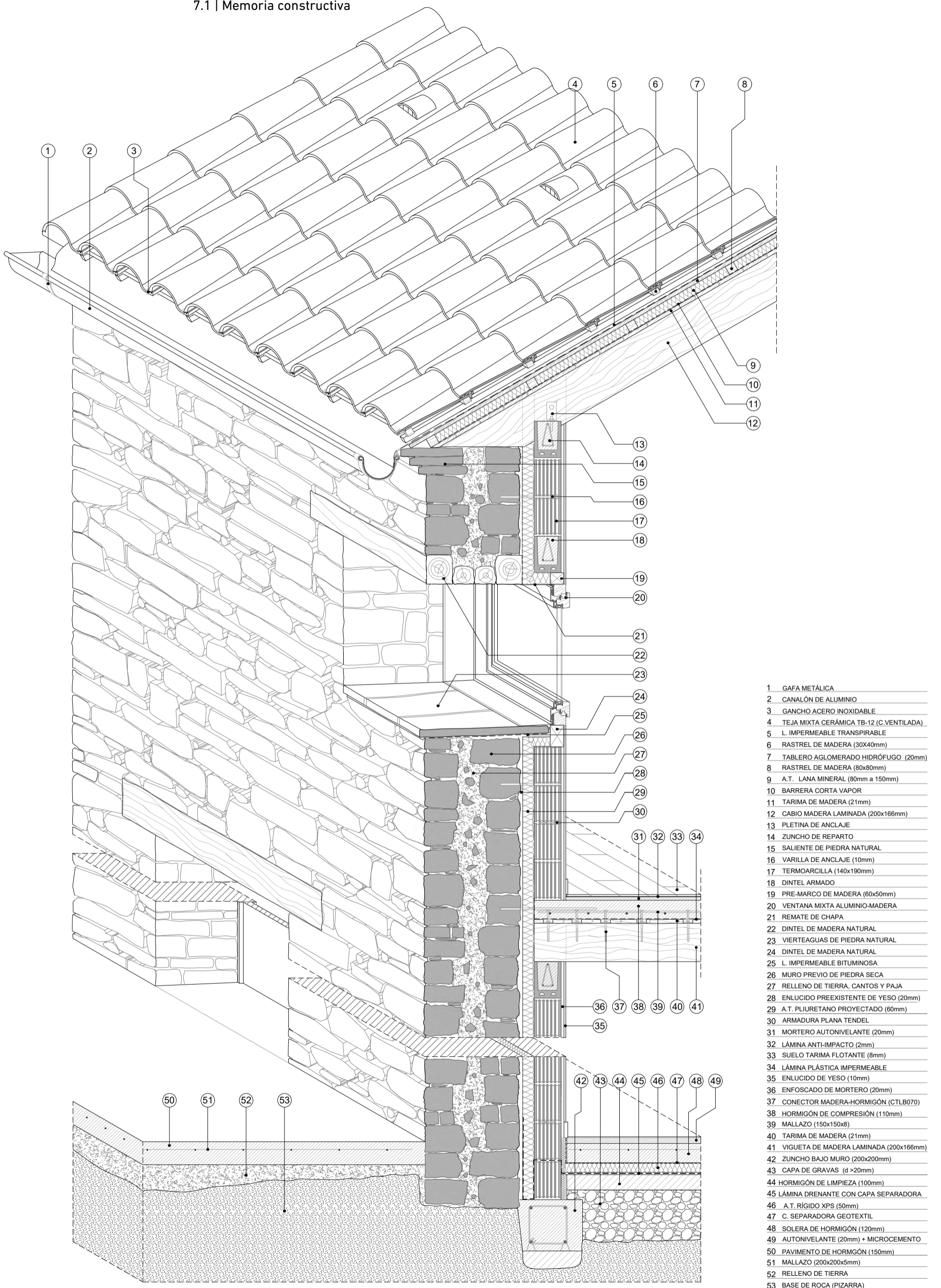


Imagen 49. Cubierta de madera. Soria. Fuente: Elaboración propia (2022)

El cálculo se desarrolla de forma equivalente al del sistema tradicional, exponiendo primero las exigencias de la normativa en cuanto a ahorro energética y después los cálculos necesarios para analizar el cumplimiento.

Esta solución garantiza la seguridad estructural de la vivienda ya que el muro de mampostería existente colabora con el nuevo muro de termoarcilla repartiendo las cargas de manera uniforme.

7.1 | Memoria constructiva



- 1 GAFA METÁLICA
- 2 CANALÓN DE ALUMINIO
- 3 GANCHO ACERO INOXIDABLE
- 4 TEJA MIXTA CERÁMICA TB-12 (C.VENTILADA)
- 5 L. IMPERMEABLE TRANSPIRABLE
- 6 RASTREL DE MADERA (30x40mm)
- 7 TABLERO AGLOMERADO HIDRÓFUGO (20mm)
- 8 RASTREL DE MADERA (80x80mm)
- 9 A.T. LANA MINERAL (80mm a 150mm)
- 10 BARRERA CORTA VAPOR
- 11 TARIMA DE MADERA (21mm)
- 12 CABIO MADERA LAMINADA (200x166mm)
- 13 PLETINA DE ANCLAJE
- 14 ZUNCHO DE REPARTO
- 15 SALIENTE DE PIEDRA NATURAL
- 16 VARILLA DE ANCLAJE (10mm)
- 17 TERMOARCILLA (140x190mm)
- 18 DINTEL ARMADO
- 19 PRE-MARCO DE MADERA (60x50mm)
- 20 VENTANA MIXTA ALUMINIO-MADERA
- 21 REMATE DE CHAPA
- 22 DINTEL DE MADERA NATURAL
- 23 VIERTEAGUAS DE PIEDRA NATURAL
- 24 DINTEL DE MADERA NATURAL
- 25 L. IMPERMEABLE BITUMINOSA
- 26 MURO PREVIO DE PIEDRA SECA
- 27 RELLENO DE TIERRA, CANTOS Y PAJA
- 28 ENLUCIDO PREEXISTENTE DE YESO (20mm)
- 29 A.T. PLIURETANO PROYECTADO (60mm)
- 30 ARMADURA PLANA TENDEL
- 31 MORTERO AUTONIVELANTE (20mm)
- 32 LÁMINA ANTI-IMPACTO (2mm)
- 33 SUELO TARIMA FLOTANTE (8mm)
- 34 LÁMINA PLÁSTICA IMPERMEABLE
- 35 ENLUCIDO DE YESO (10mm)
- 36 ENFOSCADO DE MORTERO (20mm)
- 37 CONECTOR MADERA-HORMIGÓN (CTLB070)
- 38 HORMIGÓN DE COMPRESIÓN (110mm)
- 39 MALLAZO (150x150x8)
- 40 TARIMA DE MADERA (21mm)
- 41 VIGUETA DE MADERA LAMINADA (200x166mm)
- 42 ZUNCHO BAJO MURO (200x200mm)
- 43 CAPA DE GRAVAS (d >20mm)
- 44 HORMIGÓN DE LIMPIEZA (100mm)
- 45 LÁMINA DRENANTE CON CAPA SEPARADORA
- 46 A.T. RÍGIDO XPS (50mm)
- 47 C. SEPARADORA GEOTEXTIL
- 48 SOLERA DE HORMIGÓN (120mm)
- 49 AUTONIVELANTE (20mm) + MICROCEMENTO
- 50 PAVIMENTO DE HORMIGÓN (150mm)
- 51 MALLAZO (200x200x5mm)
- 52 RELLENO DE TIERRA
- 53 BASE DE ROCA (PIZARRA)

Imagen 50. Detalle cerramiento rehabilitación. Fuente: elaboración propia

7.2 | Cerramiento. Rehabilitación

Se utiliza el DB-HE-1 del Código Técnico de la Edificación (CTE) para conocer la transmitancia térmica recomendada por la normativa para el cerramiento.

Zona: Las Aldehuelas (Soria).

Zona climática: E1

U en muro = 0,23 W/m²K

**Tabla a-Anejo E. Transmitancia térmica del elemento,
U [W/m² K]**

	Zona Climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Muros y suelos en contacto con el aire exterior, U _M , U _S	0,56	0,50	0,38	0,29	0,27	0,23

Imagen 51. Tabla a- Anejo E. (Documento Básico HE-CTE, 2022)

Una vez se ha obtenido la transmitancia exigida para el cerramiento, se procede al cálculo de la transmitancia "real" del cerramiento

En primer lugar, se toman los datos de las resistencias termicas superficiales, tanto interior como exterior, que se encuentran en la Tabla 1 del DB-HE-1. En este caso, se contemplan cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal.

R_{se}=0.04 m²K/W

R_{si}= 0.13 m²K/W

Tabla 1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior [m²-K/ W]

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	R _{se}	R _{si}
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal 	0,04	0,13

Imagen 52. Tabla 1. Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior. Fuente: DB-HE / 1-CTE, 2020)

Para el cálculo de la transmitancia del cerramiento se sigue un procedimiento análogo al del apartado 6.2: se divide en las capas que lo componen con el espesor de cada material **e (m)** y con sus respectivas conductividades térmicas **λ(W/mK)**. El resultado es la resistencia térmica de cada material **R (m²K/W)**, que sumado a las resistencias superficiales se obtiene la resistencia térmica total **RT(m²K/W)**. Con la RT podemos calcular la transmitancia térmica **U =1/RT**, la cual nos indica si cumple el cerramiento conforme a la normativa.

Capa	e (m)	λ(W/mK)	R (m ² K/W)
R _{se}			0.040
Piedra arenisca	0.18	3	0.060
Tierra vegetal	0.12	0.52	0.231
Piedra arenisca	0.18	3	0.060
Enlucido de yeso	0.02	0.3	0.050
A.T. (PUR) Proyectoado	0.1	0.028	3.571
Termoarcilla (0.14m)	0.14		0.320
Revoco mortero	0.025	1.3	0.019
Enlucido de yeso	0.01	0.3	0.033
R _{si}			0.130
Espesor total	0.775		
RT			4.515
U =1/RT			0.221

$$U = 1/RT = 1/ 4,515 = 0,221 \text{ W/m}^2\text{K} < 0,23 \text{ W/m}^2\text{K} \text{ CUMPLE}$$

e Espesor de una capa, en m

Λ : Conductividad térmica en W/mK

R: la resistencia térmica, en m² K/ W. ($R= e / \Lambda$)

RT: Resistencia térmica total, en m² K/ W. ($RT= R+R+R\dots$)

U Transmitancia térmica, en W/m² ·K ($U= 1/ RT$)

Rse: Resistencia térmica superficial exterior, en m² K/ W

Rsi: Resistencia térmica superficial interior, en m² K/ W

7.3 | Solera. Rehabilitación

Se utiliza el DB-HE-1 del Código Técnico de la Edificación (CTE), para conocer la transmitancia térmica recomendada por la normativa para la solera del sistema rehabilitado. Posteriormente se calculará el valor de la transmitancia real del sistema y se comparará para ver si cumple conforme a la normativa.

Zona: Las Aldehuelas (Soria).

Zona climática: E1

De nuevo, en la tabla a del anejo E del DB-HE-1 se obtiene la transmitancia máxima recomendada para elementos en contacto con el terreno.

U en suelo = 0,48 W/m²K.

**Tabla a-Anejo E. Transmitancia térmica del elemento,
U [W/m² K]**

	Zona Climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Elementos en contacto con espacios no habitables o con el terreno, U _t	0,80	0,80	0,69	0,48	0,48	0,48

Imagen 53. Tabla a-Anejo E. Fuente: (Documento Básico HE-CTE, 2022)

Para el cálculo de la transmitancia térmica de la solera del sistema rehabilitado se emplea la Tabla 3 del DB-HE-1, considerando un aislante rígido (XPS) de 5cm y una conductividad térmica de λ=0,033 W/mK, lo que da una resistencia térmica R=1,51 m²K/W.

$$B' = \frac{A}{\frac{1}{2}P}$$

A= 78,78m²
P=25,82m

$$B' = 78,78m^2 / (0,5 \times 25,82m) = 6,11$$

Tabla 3 Transmitancia térmica U_s [W/m²·K]

B'	R _s	D = 0.5 m					D = 1.0 m					D ≥ 1.5 m				
		R _s [m ² ·K/ W]					R _s [m ² ·K/ W]					R _s [m ² ·K/ W]				
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	-	-	-	-	-
2	1,56	1,17	1,04	0,97	0,92	0,89	1,08	0,89	0,79	0,72	0,67	1,04	0,83	0,70	0,61	0,55
3	1,20	0,94	0,85	0,80	0,78	0,76	0,88	0,76	0,69	0,64	0,61	0,85	0,71	0,63	0,57	0,53
4	0,99	0,79	0,73	0,69	0,67	0,65	0,75	0,65	0,60	0,57	0,54	0,73	0,62	0,56	0,51	0,48
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

Imagen 54. Tabla 3. Transmitancia térmica. Fuente: (DA DB-HE / 1-CTE, 2020)

Se interpola los valores de U_s para B'=6,11; U_s = 0,45 + ((6,11-6) / (7-6)) × (0,42 - 0,45) = 0,4465 W/m²K

$$U_s = 0,4465 \text{ W/m}^2\text{K} < 0,48 \text{ CUMPLE}$$

P= longitud del perímetro exterior de la solera (m)

A= área de la solera (m²)

B'= cociente entre la superficie del suelo y la longitud de su semiperímetro expuesto.

7.4 | Cubierta. Rehabilitación

Se emplea el DB-HE-1 del Código Técnico de la Edificación (CTE) para conocer la transmitancia térmica recomendada por la normativa para la cubierta, la cual es la misma que en el apartado 6.4. Posteriormente se calculará el valor de la transmitancia real del sistema y se comparará para ver si cumple conforme a la normativa

Zona: Las Aldehuelas (Soria).

Zona climática: E1

De la tabla a del anejo E del DB-HE-1 se obtiene la transmitancia máxima recomendada para las cubiertas en contacto con el aire exterior.

Tabla a-Anejo E. Transmitancia térmica del elemento,
U [W/m² K]

	Zona Climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Cubiertas en contacto con el aire exterior, U _c	0,50	0,44	0,33	0,23	0,22	0,19

Imagen 55. Tabla a-Anejo E. Fuente: (Documento Básico HE-CTE, 2022)

U en cubierta = 0,19 W/m²K.

Para calcular la transmitancia de la cubierta se toman los datos de las resistencias termicas superficiales, tanto interior como exterior, que se encuentran en la Tabla 1 del DB-HE-1. En este caso se emplean los datos de cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal.

R_{se}=0.04 m²K/W

R_{si}= 0.10 m²K/W

Tabla 1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior [m²-K/ W]


Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	R _{se}	R _{si}
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente (techo) 	0,04	0,10

Imagen 56. Tabla 1. Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior. Fuente: DB-HE / 1-CTE, 2020)

Seguidamente, para calcular la transmitancia de la cubierta se divide en las capas que la componen con el espesor de cada material **e (m)** con sus respectivas conductividades térmicas **λ(W/mK)**. El resultado es la resistencia térmica de cada material **R (m²K/W)**, que sumado a las resistencias superficiales se obtiene la resistencia térmica total **RT(m²K/W)**. Con la RT se puede calcular la transmitancia térmica **U =1/RT**, la cual indica si cumple la cubierta conforme a la normativa.

Capa	e (m)	λ(W/mK)	R (m2k/W)
Rse			0.040
Teja de arcilla cocida	0.015	1	0.015
Cámara de aire ventilada	0.04	0.55	0.073
L. Impermeable transpirable	0.006	0.3	0.020
Tablero aglomerado hidro.	0.02	0.1	0.200
A.T. Lana mineral	0.15	0.031	4.839
L. Imp. Polipropileno	0.002	0.22	0.009
Tarima (frondosa ligera)	0.02	0.15	0.133
Rsi			0.100

Espesor total	0.253		
RT			5.429
U = 1/RT			0.184

$$U = 1/RT = 1/ 5,429 = 0,184 < 0,19 \text{ CUMPLE}$$

e Espesor de una capa, en m

Λ : Conductividad térmica en W/mK

R: la resistencia térmica, en m² K/ W. ($R = e / \Lambda$)

RT: Resistencia térmica total, en m² K/ W. ($RT = R + R + R \dots$)

U: Transmitancia térmica, en W/m² ·K ($U = 1/ RT$)

Rse: Resistencia térmica superficial exterior, en m² K/ W

Rsi: Resistencia térmica superficial interior, en m² K/ W

7.5 | Huecos. Rehabilitación

Se emplea el DB-HE-1 del Código Técnico de la Edificación (CTE) para conocer la transmitancia térmica recomendada por la normativa para los huecos del sistema. Posteriormente se calculará el valor de la transmitancia real de estos y se comparará para ver si cumple conforme a la normativa

Zona: Las Aldehuelas (Soria).

Zona climática: E1

De la tabla a del anejo E del DB-HE-1 se obtiene la transmitancia máxima recomendada para los huecos.

U en huecos = 1,5 W/m²K.

Tabla a-Anejo E. Transmitancia térmica del elemento,
U [W/m² K]

	Zona Climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Huecos (conjunto de marco, vidrio y, en su caso, cajón de persiana), U _H	2,7	2,7	2,0	2,0	1,6	1,5

Imagen 57. Transmitancia térmica del elemento. Fuente: (Documento Básico HE-CTE, 2022)

7.5.1 | Ventanas

Para calcular la transmitancia de las ventanas se emplea un catálogo comercial, optando por ventanas mixtas aluminio-madera con rotura de puente térmico. La transmitancia del hueco y del marco son:



Imagen 58. Carpintería mixta. Fuente: Romanclavero.es

Uhueco=0,93 W/m²K

Umarco=1,43 W/m²K

U= 0,93 W/m²K < 1,5 W/m²K CUMPLE

7.5.2 | Puerta

Se considera una puerta de madera natural que, con un espesor de 8 cm, ya aporta el aislamiento suficiente según lo indicado en la normativa.

Capa	e (m)	λ(W/mK)	R (m ² k/W)
Rse			0.040
Puerta madera (frondosa ligera)	0.08	0.15	0.533
Rsi			0.100
RT			0.673
U =1/RT			1.485

U= 1,48 W/m²K < 1,5 W/m²K CUMPLE

Rse: Resistencia térmica superficial exterior, en m² K/ W
 Rsi: Resistencia térmica superficial interior, en m² K/ W

7.6 | Puentes térmicos: alféizar, dintel, jambas, esquinas. Encuentros: solera-muro, muro-cubierta, muro-forjado

Para poder calcular la transmitancia global, además de analizar la transmitancia térmica de cada elemento de la envolvente de forma aislada, también es necesario evaluar los puentes térmicos.

Los encuentros realizados no coinciden exactamente con los ejemplos del Código Técnico, pero el aislante sí está dispuesto de forma continua con las carpinterías.

Las transmitancias obtenidas en el muro y en el marco de las carpinterías son muy bajas, por lo que en las siguientes tablas se obtienen unos valores mínimos.

$$U_{\text{muro}} = 0,221 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_{\text{marco}} = 1,43 \text{ W/m}^2\text{K}$$

A continuación, se recoge la transmitancia térmica lineal (Ψ) aproximada recogida en el DB-HE-3 del alféizar, el dintel y las jambas, así como de los encuentros solera-muro, muro-cubierta y muro-forjado.

7.6.1 | Alféizar

Grupo 1: Alféizares con continuidad entre el aislamiento de fachada y la carpintería

$$\Psi_i = 0,08 \text{ W/m}^2\text{K}$$



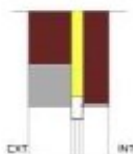
U_{muro} [W/m ² K]	Ψ_i [W/mK]				
	U_{marco} [W/m ² K]				
	5,7	4,0	3,2	2,2	1,8
0,73	0,25	0,12	0,10	0,09	0,09
0,44	0,24	0,12	0,10	0,09	0,09
0,31	0,19	0,11	0,09	0,08	0,08
0,27	0,18	0,10	0,09	0,08	0,08
0,24	0,17	0,10	0,08	0,08	0,08

Imagen 59. Transmitancia térmica lineal jamba. Grupo 1. Fuente: DA DB-HE-3

7.6.2 | Dintel

Grupo 1: Dinteles con continuidad entre el aislamiento de fachada y la carpintería

$$\Psi_i = 0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$$



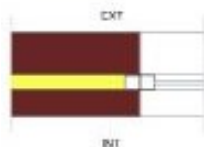
U_{muro} [W/m ² K]	Ψ_i [W/mK]				
	U_{marco} [W/m ² K]				
	5,7	4,0	3,2	2,2	1,8
0,73	0,30	0,11	0,10	0,12	0,13
0,44	0,32	0,11	0,10	0,11	0,12
0,31	0,16	0,07	0,08	0,09	0,10
0,27	0,14	0,06	0,06	0,08	0,09
0,24	0,14	0,05	0,06	0,08	0,09

Imagen 60. Transmitancia térmica lineal dintel. Grupo 1. Fuente: DA DB-HE-3

7.6.3 | Jambas

Grupo 1: Jambas con continuidad entre el aislamiento de fachada y la carpintería

$$\Psi_i = 0,03 \text{ W/m}^2\text{K}$$



U_{muro} [W/m ² K]	Ψ_i [W/mK]				
	U_{marco} [W/m ² K]				
	5,7	4,0	3,2	2,2	1,8
0,73	0,38	0,17	0,12	0,07	0,05
0,44	0,42	0,16	0,10	0,05	0,03
0,31	0,22	0,11	0,07	0,04	0,03
0,27	0,20	0,10	0,07	0,04	0,03
0,24	0,20	0,10	0,07	0,04	0,03

Imagen 61. Transmitancia térmica lineal jambas. Grupo 1. Fuente: DA DB-HE-3

U: Transmitancia térmica, en W/m² · K

Ψ_i : Transmitancia térmica lineal, en W/mK

El encuentro muro-cubierta no se considera, ya que no es significativo debido al solape del aislante del muro sobre la cubierta (ver detalle del apartado 7.1).

7.6.4 | Esquinas

Grupo 1: Esquinas salientes (al exterior)

$$\Psi_i = 0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Esquinas salientes



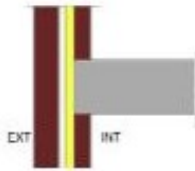
	U_{muro} [W/m ² K]	Ψ_e [W/mK]		Ψ_i [W/mK]	
	0,73	-0,24		0,11	
	0,44	-0,15		0,08	
	0,31	-0,11		0,06	
	0,27	-0,10		0,06	
	0,24	-0,10		0,05	

Imagen 62. Transmitancia térmica lineal esquinas. Grupo 1. Fuente: DA DB-HE-3

7.6.5 | Encuentro muro-forjado

Grupo 1: Frentes de forjado con continuidad del aislamiento de fachada

$$\Psi_i = 0,08 \text{ W/m}^2\text{K}$$



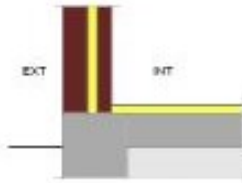
	U_{muro} [W/m ² K]	Ψ_i [W/mK]		
		Espesor forjado (cm)		
		25	30	35
	0,73	0,25	0,29	0,33
	0,44	0,15	0,17	0,19
	0,31	0,10	0,12	0,13
	0,27	0,08	0,10	0,12
	0,24	0,08	0,09	0,10

Imagen 63. Transmitancia térmica lineal, encuentro muro-forjado. Grupo 1. Fuente: DA DB-HE-3

7.6.6 | Encuentro solera-muro

Grupo 1: Forjados inferiores en contacto con el aire con aislamiento sobre el forjado o con continuidad entre el aislamiento de fachada y del forjado

$$\Psi_i = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$$



	U_{muro} [W/m ² K]	Ψ_i [W/mK]				
		U_{solera} [W/m ² K]				
		0,53	0,52	0,42	0,37	0,32
	0,73	0,44	0,43	0,35	0,31	0,26
	0,44	0,53	0,52	0,44	0,40	0,35
	0,31	0,57	0,56	0,48	0,43	0,39
	0,27	0,58	0,57	0,50	0,45	0,40
	0,24	0,59	0,58	0,50	0,45	0,41

Imagen 64. Transmitancia térmica lineal, encuentro solera-muro. Grupo 1. Fuente: DA DB-HE-3

U: Transmitancia térmica, en W/m²·K

Ψ_i : Transmitancia térmica lineal, en W/mK

7.7 | Cálculo de la transmitancia térmica global K

Para el cálculo de los parámetros característicos de la envolvente se emplea el DA DB-HE y al DA DB-HE-1 del CTE.

Se obtiene el valor de la transmitancia térmica global, K_{lim} (W/m²·K), para el caso del sistema tradicional fuera reformado por el interior, siendo modificada más del 25% de la superficie total de la envolvente térmica del edificio.

Área envolvente: 309,59 m²

Volumen: 466,1416 m³

Compacidad (V/A): 466,14/309,59= 1,50 m³/m²

K_{lim} : 0,62 W/m²·K

Tabla 3.1.1.b - HE1 Valor límite K_{lim} [W/m²K] para uso residencial privado

	Compacidad V/A [m ³ /m ²]	Zona climática de invierno					
		α	A	B	C	D	E
Cambios de uso. Reformas en las que se renueve más del 25% de la superficie total de la envolvente térmica final del edificio	V/A ≤ 1	1,00	0,87	0,83	0,73	0,63	0,54
	V/A ≥ 4	1,07	0,94	0,90	0,81	0,70	0,62

Imagen 65. Tabla 3.1.1.b. Valor límite k para uso residencial privado. Fuente: DB-HE-1-CTE, 2020)

Para obtener el valor de la transmitancia térmica global se realizan dos cálculos. Por un lado, se multiplica la transmitancia térmica de cada elemento U (W/m²K) por el área que ocupan en la envolvente con el exterior o la solera. Por otro lado, los puentes térmicos se calculan de manera lineal, multiplicando ψ (W/mK) por la longitud de los elementos a los que se refiere.

$$K = \Sigma(W/K) / \text{Área envolvente}$$

	U (W/m ² K)	A (m ²)	W/K
Cerramiento	0.221	127.36	28.21
Solera	0.447	78.88	35.22
Cubierta	0.184	82.06	15.12
Hueco - ventanas	0.93	13.80	12.83
Hueco - puerta	1.45	3.36	4.87
	ψ (W/mK)	L (m)	W/K
Alféizar	0.08	13.8	1.10
Dintel	0.09	13.8	1.24
Jambas	0.03	20	0.60
Esquina	0.05	10.2	0.51
E. Solera-muro	0.5	25.82	12.91
E. Forjado-muro	0.08	25.82	2.07
TOTAL. $\Sigma(W/K)$			112.62
K= $\Sigma(W/K) / \text{Área envolvente}$	118.31/309.59		0.364

$$K = \Sigma(W/K) / \text{Área envolvente} = 0.382 < 0,62 \text{ CUMPLE}$$

Comprobamos que el cerramiento cumple holgadamente la transmitancia recomendada por el CTE.

RT: Resistencia térmica total, en m² K/ W. (RT= R+R+R...)

Ψ i: Transmitancia térmica lineal (W/mK)

U: Transmitancia térmica, en W/m² ·K (U= 1/ RT)

Rse: Resistencia térmica superficial exterior, en m² K/ W

Rsi: Resistencia térmica superficial interior, en m² K/ W

Compacidad (V/A): Relación entre el volumen encerrado por la envolvente térmica del edificio y la suma de las superficies de intercambio térmico con el aire exterior o el terreno de dicha envolvente térmica.

7.8 | Condensaciones. Econdensa

7.8.1 | Cerramiento

De forma análoga al apartado 6.8 se ha procedido al cálculo de las condensaciones en los elementos de la envolvente empleando el software Econdensa. Las condiciones de cálculo son idénticas y únicamente se han modificado las capas que componen los cerramientos.

Condiciones de Cálculo

Ubicación
 Capital de provincia: Soria Altitud de referencia (m): 984
 Diferencia de altura sobre la altitud de referencia (sólo si es positiva): 187 m

Modificar condiciones estándar
 Ene Feb Mar Abr May Jun Jul Ago Sep Oct Nov Dic
 T 2.9 4 5.8 8 11.8 16.1 19.9 19.5 16.5 11.3 6.1 3.4
 HR 77 73 68 67 64 60 53 54 60 70 76 78
 Temperatura interior (CTE-HE = 20 °C): 20 °C

Humedad interior
 Sin datos conocidos sobre la humedad Higrometría 3 o inferior
 Humedad relativa interior constante y conocida % 50
 Producción de humedad y renovación del aire conocidos
 G (kg/h) 0.01 n (h-1) 1 V (m3) 10

Disposición del cerramiento
 Vertical Horizontal y flujo ascendente Horizontal y flujo descendente
 Es una partición interior en contacto con un espacio no habitable

Aceptar Cancelar

Imagen 67. Datos Econdensa

Nombre	e	lambda	mu	R	U
Arenisca [2200 < d < 2600]	18	3	50	0.06	16.66667
Tierra vegetal [d < 2050]	12	0.52	1	0.230769	4.333333
Arenisca [2200 < d < 2600]	18	3	50	0.06	16.66667
Yeso, dureza media 600 < d < 900	2	0.3	4	0.066667	15
PUR Proyección con Hidrofluorcarbono HFC [..	10	0.028	60	3.571429	0.280
BC con mortero convencional espesor 140 mm	14	0.443	10	0.316027	3.164286
Mortero de cemento o cal para albañilería y par...	2.5	1.3	10	0.019231	52
Yeso, dureza media 600 < d < 900	1	0.3	4	0.033333	30.0
TOTALES	77.5	0		4.527	0.221

Imagen 66. Transmitancia del cerramiento. Fuente: Econdensa

Nombre	e	ro	mu	R	U	Pvap	Psat	Condens.Acum.
Arenisca [2200 < d < 2600]	18	3	50	0.06	16.66666	658.746	677.959	0
Tierra vegetal [d < 2050]	12	0.52	1	0.230769	4.333333	659.812	726.559	0
Arenisca [2200 < d < 2600]	18	3	50	0.06	16.66666	739.689	739.689	0.08386
Yeso, dureza media 600 < d < 900	2	0.3	4	0.066667	15	745.306	754.522	0
PUR Proyección con Hidrofluorcarbo...	10	0.028	60	3.571429	0.280	1166.646	2051.303	0
BC con mortero convencional espes...	14	0.443	10	0.316027	3.164286	1264.958	2228.562	0
Mortero de cemento o cal para albañi...	2.5	1.3	10	0.019231	52	1282.514	2239.768	0
Yeso, dureza media 600 < d < 900	1	0.3	4	0.033333	30.0	1285.323	2259.309	0

Si hay condensación en el aislante, deberá justificarse en proyecto que éste no sufre degradación.

Las capas se ordenan de exterior a interior. El dato de condensación corresponde a la interfase entre cada capa y la siguiente, pudiendo darse en el interior de la capa si el material es aislante.

Text (°C): 1.03 Hel ext (%): 88 Enero fRe = 0.9448
 Tint (°C): 20 Hel int (%): 55 fRe,min = 0.64 La cantidad evaporada es superior a la condensada.

Mez: E O F O M O A O M O J O J O A O S O O N O D **CUMPLE**

Imagen 68. Condensaciones del cerramiento. Fuente: Econdensa

Una vez obtenidos los resultados del programa, se conoce que las condensaciones se producen en la capa de piedra interior. Para dar solución a esta problemática se opta por colocar una capa de aislante rígido XPS por parte interior de la piedra en donde se produce condensación. Este tipo de aislante se caracteriza por no verse afectado por la humedad.

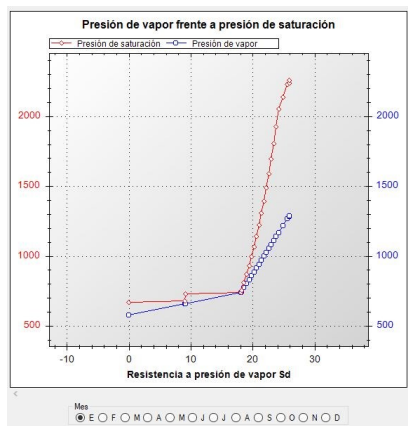


Imagen 70. Punto de condensación. Fuente: Econdensa

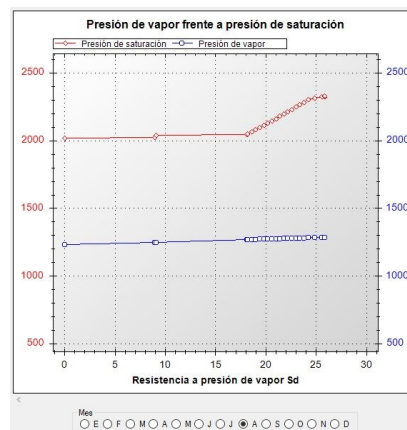


Imagen 69. Sin condensaciones. Fuente: Econdensa

7.8.2 | Cubierta

De nuevo, las condiciones de cálculo son idénticas a las del apartado anterior. Se introducen en el programa las distintas capas que componen la cubierta y sus correspondientes espesores.

Condiciones de Cálculo

Ubicación
Capital de provincia: Altitud de referencia (m): 984
Diferencia de altura sobre la altitud de referencia (sólo si es positiva): m

Modificar condiciones estándar

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
T	2.9	4	5.8	8	11.8	16.1	19.9	19.5	16.5	11.3	6.1	3.4
HR	77	73	68	67	64	60	53	54	60	70	76	78

Temperatura interior (CTE-HE = 20 °C): °C

Humedad interior

Sin datos conocidos sobre la humedad

Humedad relativa interior constante y conocida %

Producción de humedad y renovación del aire conocidos

G (kg/h) n (h⁻¹) V (m³)

Disposición del cerramiento

Vertical Horizontal y flujo ascendente Horizontal y flujo descendente

Es una partición interior en contacto con un espacio no habitable

Imagen 71. Datos. Fuente: Econdensa

Nombre	e	lambda	mu	R	U
Teja de arcilla cocida	1.5	1	30	0.015	66.666667
Cámara de aire ligeramente ventilada vertical 5...	5	0.55555555	1	0.09	11.111111
Paneles de fibras con conglomerante hidráulic...	2	0.1	5	0.2	5
M/v Lana mineral [0.031 W/[mK]]	15	0.031	1	4.83871	0.206667
Polipropileno [PP]	0.2	0.22	10000	0.009091	110.0
Fronrosa ligera 435 < d < 565	2	0.15	50	0.133333	7.5
TOTALES	25.7	0		5.426	0.184

Imagen 73. Transmitancia de la cubierta. Fuente: Econdensa

Nombre	e	ro	mu	R	U	Pvap	Psat	Condens Acum.
Teja de arcilla cocida	1.5	1	30	0.015	66.66666	593.513	666.988	0
Cámara de aire ligeramente ventilad...	5	0.55555	1	0.09	11.11111	593.838	682.256	0
Paneles de fibras con conglomerante...	2	0.1	5	0.2	5	597.092	717.296	0
M/v Lana mineral [0.031 W/[mK]]	15	0.031	1	4.83871	0.206667	601.973	2217.128	0
Polipropileno [PP]	0.2	0.22	10000	0.009091	110.0	1252.783	2221.522	0
Fronrosa ligera 435 < d < 565	2	0.15	50	0.133333	7.5	1285.323	2286.855	0

Si hay condensación en el aislante, deberá justificarse en proyecto que éste no sufre degradación.

Las capas se ordenan de exterior a interior. El dato de condensación corresponde a la interfase entre cada capa y la siguiente, pudiendo darse en el interior de la capa si el material es aislante.

Text (°C): 1.03 Hrel ext (%): 88 Enero fRai = 0.3448
 Tint (°C): 20 Hrel int (%): 55 fRai,min = 0.64 **La cantidad evaporada es superior a la condensada.**
 Mes: E F M A M J J A S O N D

CUMPLE

Imagen 72. Transmitancia de la cubierta. Fuente: Econdensa

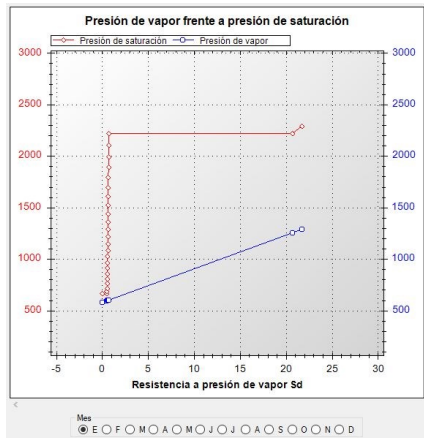


Imagen 75. Sin condensaciones. Fuente: Econdensa

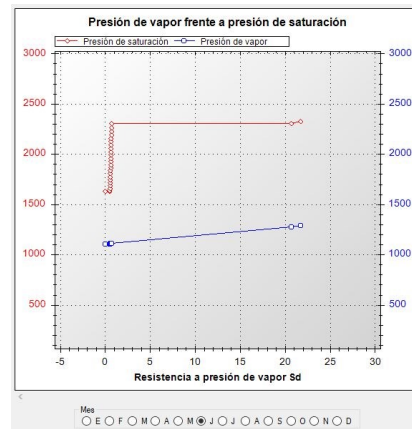


Imagen 74. Sin condensaciones. Fuente: Econdensa

Capítulo 8 | Obra nueva

En este caso se propone realizar el cerramiento desde cero, cumpliendo las condiciones de habitabilidad actuales y la integración en el entorno. Es una solución que se plantea para aquellos ámbitos rurales situados en un clima frío, para proyectos en los que no esté permitido o no se desee modificar la estética tradicional.

Presenta las siguientes ventajas e inconvenientes:

- Ventajas: Libertad para constructiva y proyectual, diseño libre con multitud de posibilidades, espesor más reducido del muro (55cm), mejor iluminación, mercado más amplio para la elección de huecos.
- Desventajas: Mayor necesidad de recursos para la ejecución, mayor contaminación por la utilización de más recursos, mayor tiempo de ejecución de la obra, mayor contaminación acústica y necesidad de más mano de obra, lo que se traduce en un coste más elevado.

El proceso de construcción es el siguiente:

- Preparación del terreno y excavación de zanja para zapata corrida bajo muro.
- Aplicación de hormigón de limpieza y colocación de armaduras
- Hormigonado de la zapata.
- Excavación de la cota 0 hasta cota -55cm.
- Arranque del muro de termoarcilla.
- Colocación de capa de gravas + hormigón de limpieza + lámina drenante + aislamiento térmico + geotextil + solera de hormigón.
- Continuación del muro de termoarcilla hasta la altura del primer forjado dejando armaduras de espera transversales que conectarán con la hilada exterior.
- Por la cara exterior a las termoarcillas se coloca el aislante térmico.
- Posteriormente se comienza a colocar la hilada de piedras exterior quedando el aislamiento térmico en el centro del muro.
- En huecos y niveles intermedios se dispondrán zunchos que garanticen el reparto de cargas de manera uniforme.
- Continuación del muro hasta la altura de la cubierta donde se realiza otro zuncho perimetral sobre el que se disponen los cabios y vigas que forman el entramado de la cubierta.
- Desde la cara superior: se clava la tarima de madera + barrera corta vapor + rastrel de madera + aislamiento térmico + tablero hidrófugo + lámina impermeable transpirable + rastreles de madera + teja mixta.



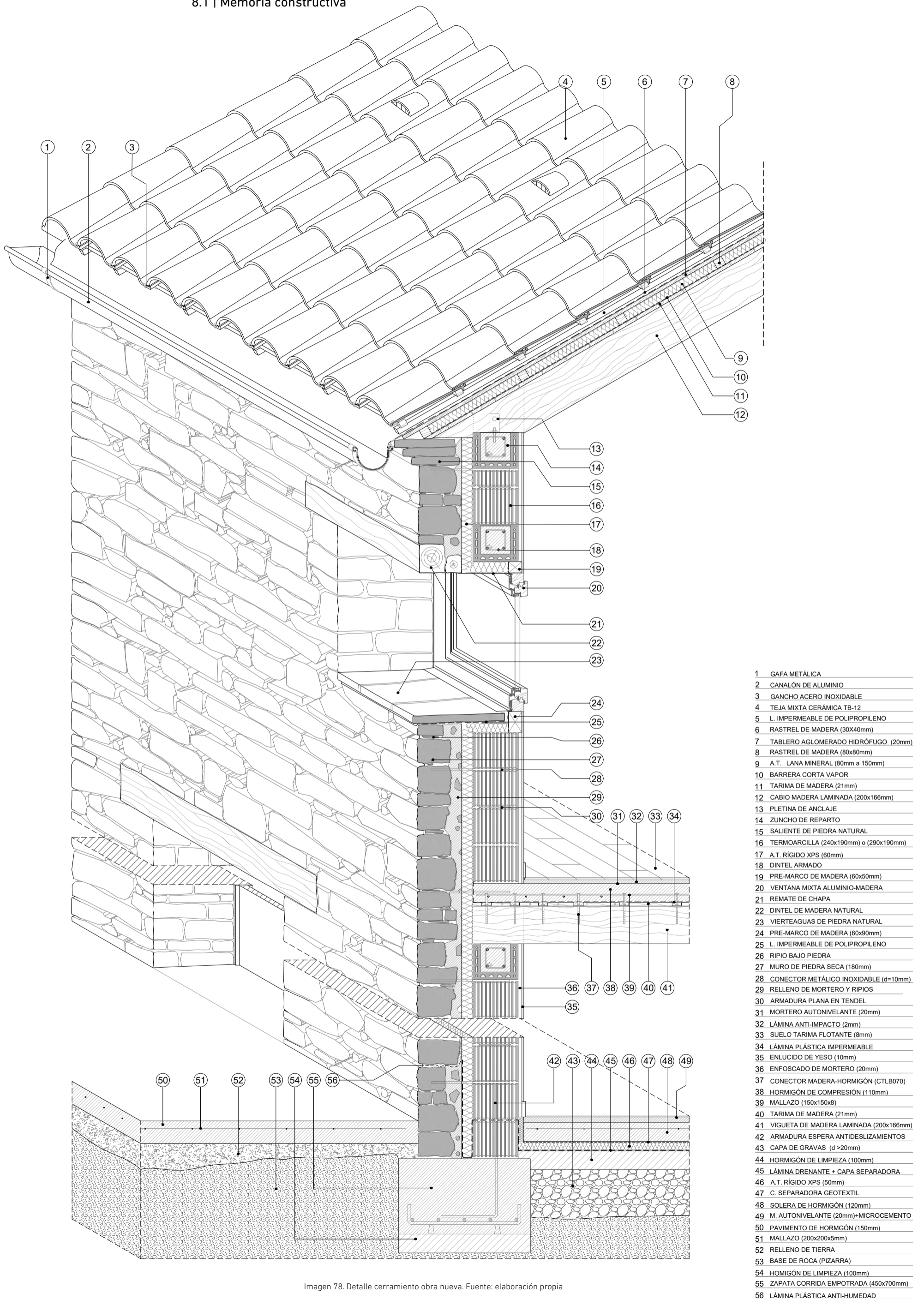
Imagen 77. Termoarcilla con A.T. (XPS), Soria. Fuente: Elaboración propia. (2022)



Imagen 76. Muro de piedra. Soria. Fuente: Elaboración propia (2022)

El proceso de cálculo abordado de cada elemento de la envolvente es análogo a los dos casos anteriores de obra nueva y rehabilitación.

8.1 | Memoria constructiva



- 1 GAFI METÁLICA
- 2 CANALÓN DE ALUMINIO
- 3 GANCHO ACERO INOXIDABLE
- 4 TEJA MIXTA CERÁMICA TB-12
- 5 L. IMPERMEABLE DE POLIPROPILENO
- 6 RASTREL DE MADERA (30x40mm)
- 7 TABLERO AGLOMERADO HIDRÓFUGO (20mm)
- 8 RASTREL DE MADERA (80x80mm)
- 9 A.T. LANA MINERAL (80mm a 150mm)
- 10 BARRERA CORTA VAPOR
- 11 TARIMA DE MADERA (21mm)
- 12 CABIO MADERA LAMINADA (200x166mm)
- 13 PLETINA DE ANCLAJE
- 14 ZUNCHO DE REPARTO
- 15 SALIENTE DE PIEDRA NATURAL
- 16 TERMOARCILLA (240x190mm) o (290x190mm)
- 17 A.T. RÍGIDO XPS (60mm)
- 18 DINTEL ARMADO
- 19 PRE-MARCO DE MADERA (60x50mm)
- 20 VENTANA MIXTA ALUMINIO-MADERA
- 21 REMATE DE CHAPA
- 22 DINTEL DE MADERA NATURAL
- 23 VIERTEAGUAS DE PIEDRA NATURAL
- 24 PRE-MARCO DE MADERA (60x90mm)
- 25 L. IMPERMEABLE DE POLIPROPILENO
- 26 RIPIO BAJO PIEDRA
- 27 MURO DE PIEDRA SECA (180mm)
- 28 CONECTOR METÁLICO INOXIDABLE (d=10mm)
- 29 RELLENO DE MORTERO Y RIPIOS
- 30 ARMADURA PLANA EN TENDEL
- 31 MORTERO AUTONIVELANTE (20mm)
- 32 LÁMINA ANTI-IMPACTO (2mm)
- 33 SUELO TARIMA FLOTANTE (8mm)
- 34 LÁMINA PLÁSTICA IMPERMEABLE
- 35 ENLUCIDO DE YESO (10mm)
- 36 ENFOSCADO DE MORTERO (20mm)
- 37 CONECTOR MADERA-HORMIGÓN (CTLB070)
- 38 HORMIGÓN DE COMPRESIÓN (110mm)
- 39 MALLAZO (150x150x8)
- 40 TARIMA DE MADERA (21mm)
- 41 VIGUETA DE MADERA LAMINADA (200x166mm)
- 42 ARMADURA ESPERA ANTIDESLIZAMIENTOS
- 43 CAPA DE GRAVAS (d >20mm)
- 44 HORMIGÓN DE LIMPIEZA (100mm)
- 45 LÁMINA DRENANTE + CAPA SEPARADORA
- 46 A.T. RÍGIDO XPS (50mm)
- 47 C. SEPARADORA GEOTEXTIL
- 48 SOLERA DE HORMIGÓN (120mm)
- 49 M. AUTONIVELANTE (20mm)+MICROCEMENTO
- 50 PAVIMENTO DE HORMIGÓN (150mm)
- 51 MALLAZO (200x200x5mm)
- 52 RELLENO DE TIERRA
- 53 BASE DE ROCA (PIZARRA)
- 54 HOMIGÓN DE LIMPIEZA (100mm)
- 55 ZAPATA CORRIDA EMPOTRADA (450x700mm)
- 56 LÁMINA PLÁSTICA ANTI-HUMEDAD

Imagen 78. Detalle cerramiento obra nueva. Fuente: elaboración propia

8.2 | Cerramiento. Obra nueva

Se utiliza el DB-HE-1 del Código Técnico de la Edificación (CTE) para conocer la transmitancia térmica recomendada por la normativa para el cerramiento y su posterior comparación con el valor de transmitancia del cerramiento de obra nueva.

Zona: Las Aldehuelas (Soria).

Zona climática: E1

U en muro = 0,23 W/m²K

**Tabla a-Anejo E. Transmitancia térmica del elemento,
U [W/m² K]**

	Zona Climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Muros y suelos en contacto con el aire exterior, U _M , U _S	0,56	0,50	0,38	0,29	0,27	0,23

Imagen 79. Tabla a- Anejo E. (Documento Básico HE-CTE, 2022)

De nuevo, se procede al cálculo de la transmitancia del cerramiento. Se parte de los datos de las resistencias térmicas superficiales, tanto interior como exterior, que se encuentran en la Tabla 1 del DB-HE-1. Se contemplan cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal.

R_{se}=0.04 m²K/W

R_{si}= 0.13 m²K/W

Tabla 1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior [m²·K/ W]


Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	R _{se}	R _{si}
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal 	0,04	0,13

Imagen 80. Tabla 1. Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior. Fuente: DB-HE / 1-CTE, 2020)

Para el cálculo de la transmitancia del cerramiento se sigue un procedimiento análogo al del apartado 7.2 y se divide en las capas que lo componen

Capa	e (m)	λ(W/mK)	R (m ² k/W)
R _{se}			0.040
Piedra arenisca	0.18	3	0.060
Capa de mortero	0.025	1.3	0.019
A.T. (XPS)	0.1	0.029	3.448
Termoarcilla (0.29 m)	0.29	0.421	0.689
Revoco mortero	0.025	1.3	0.019
Enlucido de yeso	0.01	0.3	0.033
R _{si}			0.130
Espesor total	0.63		
RT			4.439
U = 1/RT			0.225

$$U = 1/RT = 1/ 4,439 = 0,225 < 0,23 \text{ CUMPLE}$$

e Espesor de una capa, en m

λ: Conductividad térmica en W/mK

R: la resistencia térmica, en m² K/ W. (R= e / λ)

RT: Resistencia térmica total, en m² K/ W. (RT= R+R+R...)

U Transmitancia térmica, en W/m² ·K (U= 1/ RT)

R_{se}: Resistencia térmica superficial exterior, en m² K/ W

R_{si}: Resistencia térmica superficial interior, en m² K/ W

8.3 | Solera. Obra nueva

Se repite el mismo procedimiento que en el apartado 7.3., con los mismos valores exigidos por la normativa.

Zona: Las Aldehuelas (Soria). Zona climática: E1

U en suelo = 0,48 W/m²K.

**Tabla a-Anejo E. Transmitancia térmica del elemento,
U [W/m² K]**

	Zona Climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Elementos en contacto con espacios no habitables o con el terreno, U _T	0,80	0,80	0,69	0,48	0,48	0,48

Imagen 81. Tabla a-Anejo E. Fuente: (Documento Básico HE-CTE, 2022)

Para el cálculo de la transmitancia térmica de la solera para obra nueva se emplea la Tabla 3 del DB-HE-1, considerando un aislante rígido (XPS) de 5cm y una conductividad térmica de λ=0,033 W/mK, lo que da una resistencia térmica R=1,51 m²K/W. Estos datos se aplican a la vivienda propuesta para el cálculo en el apartado 5.

$$B' = \frac{A}{\frac{1}{2}P} \quad A = 78,78\text{m}^2$$

$$P = 25,82\text{m}$$

$$B' = 78,78\text{m}^2 / (0,5 \times 25,82\text{m}) = 6,11$$

Tabla 3 Transmitancia térmica U_s [W/m²·K]

B'	R _s	D = 0.5 m					D = 1.0 m					D ≥ 1.5 m				
		R _s [m ² ·K/W]					R _s [m ² ·K/W]					R _s [m ² ·K/W]				
	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	-	-	-	-	-
2	1,56	1,17	1,04	0,97	0,92	0,89	1,08	0,89	0,79	0,72	0,67	1,04	0,83	0,70	0,61	0,55
3	1,20	0,94	0,85	0,80	0,78	0,76	0,88	0,76	0,69	0,64	0,61	0,85	0,71	0,63	0,57	0,53
4	0,99	0,79	0,73	0,69	0,67	0,65	0,75	0,65	0,60	0,57	0,54	0,73	0,62	0,56	0,51	0,48
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

Imagen 82. Tabla 3. Transmitancia térmica. Fuente: (DA DB-HE-1-CTE, 2020)

Se interpola los valores de U_s para B'=6,11; U_s = 0,45+((6,11-6)/ (7-6)x (0,42- 0,45)= 0,4465 W/m²K

$$U_s = 0,4465 \text{ W/m}^2\text{K} < 0,48 \text{ W/m}^2\text{K} \text{ CUMPLE}$$

P= longitud del perímetro exterior de la solera (m)

A= área de la solera (m²)

B'= cociente entre la superficie del suelo y la longitud de su semiperímetro expuesto.

8.4 | Cubierta. Obra nueva

De nuevo, se obtienen los mismos valores exigidos por el DB-HE-1 del Código Técnico de la Edificación (CTE) para la obra nueva que en el apartado anterior, el caso de rehabilitación.

Zona: Las Aldehuelas (Soria).

Zona climática: E1

De la tabla a del anejo E del DB-HE-1 se obtiene la transmitancia máxima recomendada para las cubiertas en contacto con el aire exterior.

**Tabla a-Anejo E. Transmitancia térmica del elemento,
U [W/m² K]**

	Zona Climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Cubiertas en contacto con el aire exterior, U _c	0,50	0,44	0,33	0,23	0,22	0,19

Imagen 83. Tabla a-Anejo E. Fuente: (Documento Básico HE-CTE, 2022)

U en cubierta = 0,19 W/m²K.

Seguidamente se obtienen las resistencias termicas de la Tabla 1 del DB-HE-1. Se emplean los datos de cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal.

R_{se}=0.04 m²K/W

R_{si}= 0.10 m²K/W

Tabla 1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior [m²·K/ W]


Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	R _{se}	R _{si}
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente (techo) 	0,04	0,10

Imagen 84. Tabla 1. Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior. Fuente: DB-HE / 1-CTE, 2020)

Seguidamente, para calcular la transmitancia de la cubierta se divide en las capas que la componen con el espesor de cada material **e (m)** con sus respectivas conductividades térmicas **λ(W/mK)**, para obtener la transmitancia total del cerramiento y compararla con la exigida por la normativa.

Capa	e (m)	λ(W/mK)	R (m ² k/W)
R _{se}			0.040
Teja de arcilla cocida	0.015	1	0.015
Cámara de aire ventilada	0.04	0.55	0.073
L. Impermeable transpirable	0.006	0.3	0.020
Tablero aglomerado hidro.	0.02	0.1	0.200
A.T. Lana mineral	0.15	0.031	4.839
L. Imp. Polipropileno	0.002	0.22	0.009
Tarima (frondosa ligera)	0.02	0.15	0.133
R _{si}			0.100
Espesor total	0.253		
RT			5.429
U = 1/RT			0.184

$$U = 1/RT = 1/ 5,429 = 0,184 < 0,19 \text{ CUMPLE}$$

e Espesor de una capa, en m

λ: Conductividad térmica en W/mK

R: la resistencia térmica, en m² K/ W. (R= e / λ)

RT: Resistencia térmica total, en m² K/ W. (RT= R+R+R...)

U: Transmitancia térmica, en W/m² ·K (U= 1/ RT)

R_{se}: Resistencia térmica superficial exterior, en m² K/ W

R_{si}: Resistencia térmica superficial interior, en m² K/ W

8.5 | Huecos. Obra nueva

De forma análoga a la del apartado 7.5, se realiza el cálculo de la transmitancia de los huecos y se compara con el valor exigido por la normativa. Para ello se utiliza el DB-HE-1 del Código Técnico de la Edificación (CTE), donde se encuentran los valores de transmitancia que debe alcanzar el cerramiento en función del clima.

Zona: Las Aldehuelas (Soria).

Zona climática: E1

U en huecos = 1,5 W/m²K.

**Tabla a-Anejo E. Transmitancia térmica del elemento,
U [W/m² K]**

	Zona Climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Huecos (conjunto de marco, vidrio y, en su caso, cajón de persiana), U _H	2,7	2,7	2,0	2,0	1,6	1,5

Imagen 85. Transmitancia térmica del elemento. Fuente: (Documento Básico HE-CTE, 2022)

8.5.1 | Ventanas

Se ha utilizado un catálogo comercial para obtener la transmitancia del hueco y del marco de la ventana; se ha optado por ventanas mixtas aluminio-madera con rotura de puente térmico.

Uhueco=0,93 W/m²K

Umarco=1,43 W/m²K

**CLIMATREND
IV68-HA**

MADERA ALUMINIO					
Rótura de puente térmico					
U _f	U _f	U _f (H ₁ /100)	C _f	U _f (H ₂ /100)	C _f
0,0	1,00	1,00	A	1,11	A
0,1	1,00	1,00	B	1,09	B
0,2	1,07	1,07	B	1,07	B
0,3	1,04	1,04	C	1,04	B
0,4	1,01	1,01	D	1,01	C
0,5	1,00	1,00	D	1,00	C
0,6	1,00	1,00	D	1,00	D
0,8	1,00	1,00	D	1,00	D
1,0	1,00	1,00	D	1,00	D
1,2	1,00	1,00	D	1,00	D
1,5	1,00	1,00	D	1,00	D
2,0	1,00	1,00	D	1,00	D
2,5	1,00	1,00	D	1,00	D
3,0	1,00	1,00	D	1,00	D

En Román Windows & Doors hacemos la ventana ajustándose al 100% a tus necesidades y preferencias. Para nosotros, no hay un producto igual, porque cada proyecto que hacemos es único y especial. Seleccionamos los mejores materiales y cuidamos todo el proceso productivo hasta la instalación de nuestros productos. Desde la ventana más simple hasta la más compleja, tú decides qué es lo que quieres para tu proyecto. Nosotros te asesoramos.

Material: Madera - Aluminio
Vidrio = 17 a 47mm de grosor
Max. aislamiento acústico Rw = 53dB
Max. aislamiento térmico Uw = 0,93 W/m²K

Imagen 86. Carpintería mixta. Fuente: Romanclavero.es

U = 0,93 W/m²K < 1,5 W/m²K **CUMPLE**

8.5.2 | Puerta

Se ha utilizado el (Catálogo de Elementos Constructivos del CTE, 2010) para conocer la transmitancia de la puerta de acceso compuesta de madera natural; posteriormente, se ha aplicado un espesor adecuado, de 8 centímetros, adecuado para cumplir con la normativa.

Capa	e (m)	λ (W/mK)	R (m ² k/W)
Rse			0.040
Puerta madera (frondosa ligera)	0.08	0.15	0.533
Rsi			0.100
RT			0.673
U =1/RT			1.485

U= 1,48 W/m²K < 1,5 W/m²K CUMPLE

Rse: Resistencia térmica superficial exterior, en m² K/ W
Rsi: Resistencia térmica superficial interior, en m² K/ W

8.6 | Puentes térmicos: alféizar, dintel, jambas, esquinas. Encuentros: solera-muro, muro-cubierta, muro-forjado

Para poder calcular la transmitancia global, además de analizar la transmitancia térmica de cada elemento de la envolvente de forma aislada, también es necesario evaluar los puentes térmicos.

Los encuentros realizados no coinciden exactamente con los ejemplos del Código Técnico, pero el aislante sí está dispuesto de forma continua con las carpinterías. Por tanto, se considerará el grupo 1 del DB-HE-3, aquél que no penaliza tanto los puentes térmicos.

Las transmitancias obtenidas en el muro y en el marco de las carpinterías son muy bajas, por lo que en las tablas para la aproximación de las transmitancias térmicas lineales obtienen unos valores mínimos.

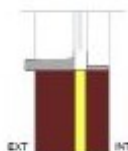
$$U_{\text{muro}} = 0,221 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_{\text{marco}} = 1,43 \text{ W/m}^2\text{K}$$

A continuación, se recoge la transmitancia térmica lineal (Ψ) aproximada recogida en el DB-HE-3 del alféizar, el dintel y las jambas, así como de los encuentros solera-muro, muro-cubierta y muro-forjado.

8.6.1 | Alféizar

Grupo 1: Alféizares con continuidad entre el aislamiento de fachada y la carpintería



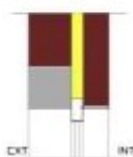
$$\Psi_i = 0,08 \text{ W/m}^2\text{K}$$

U_{muro} [W/m ² K]	Ψ [W/mK]					
	U_{marco} [W/m ² K]					
	5,7	4,0	3,2	2,2	1,8	
0,73	0,25	0,12	0,10	0,09	0,09	
0,44	0,24	0,12	0,10	0,09	0,09	
0,31	0,19	0,11	0,09	0,08	0,08	
0,27	0,18	0,10	0,09	0,08	0,08	
0,24	0,17	0,10	0,08	0,08	0,08	

Imagen 87. Transmitancia térmica lineal jamba. Grupo 1.
Fuente: DA DB-HE-3

8.6.2 | Dintel

Grupo 1: Dinteles con continuidad entre el aislamiento de fachada y la carpintería



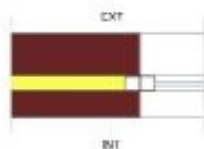
$$\Psi_i = 0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$$

U_{muro} [W/m ² K]	Ψ [W/mK]					
	U_{marco} [W/m ² K]					
	5,7	4,0	3,2	2,2	1,8	
0,73	0,30	0,11	0,10	0,12	0,13	
0,44	0,32	0,11	0,10	0,11	0,12	
0,31	0,16	0,07	0,08	0,09	0,10	
0,27	0,14	0,06	0,06	0,08	0,09	
0,24	0,14	0,06	0,06	0,08	0,09	

Imagen 88. Transmitancia térmica lineal dintel. Grupo 1.
Fuente: DA DB-HE-3

8.6.3 | Jambas

Grupo 1: Jambas con continuidad entre el aislamiento de fachada y la carpintería



$$\Psi_i = 0,03 \text{ W/m}^2\text{K}$$

U_{muro} [W/m ² K]	Ψ [W/mK]					
	U_{marco} [W/m ² K]					
	5,7	4,0	3,2	2,2	1,8	
0,73	0,38	0,17	0,12	0,07	0,05	
0,44	0,42	0,16	0,10	0,05	0,03	
0,31	0,22	0,11	0,07	0,04	0,03	
0,27	0,20	0,10	0,07	0,04	0,03	
0,24	0,20	0,10	0,07	0,04	0,03	

Imagen 89. Transmitancia térmica lineal jambas. Grupo 1.
Fuente: DA DB-HE-3

U: Transmitancia térmica, en W/m²·K

Ψ : Transmitancia térmica lineal, en W/mK

El encuentro muro-cubierta no se considera, ya que no es significativo debido al solape del aislante del muro sobre la cubierta (ver detalle del apartado 7.1).

8.6.4 | Esquinas

Grupo 1: Esquinas salientes (al exterior)

$$\Psi_i = 0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Esquinas salientes



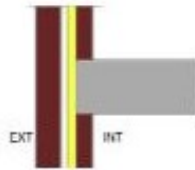
U_{muro} [W/m ² K]	Ψ_e [W/mK]		Ψ_i [W/mK]
	0,73	-0,24	0,11
0,44	-0,15	0,08	0,08
0,31	-0,11	0,06	0,06
0,27	-0,10	0,06	0,06
0,24	-0,10	0,05	0,05

Imagen 90. Transmitancia térmica lineal esquinas. Grupo 1. Fuente: DA DB-HE-3

8.6.5 | Encuentro muro-forjado

Grupo 1: Frentes de forjado con continuidad del aislamiento de fachada

$$\Psi_i = 0,08 \text{ W/m}^2\text{K}$$



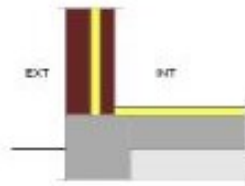
U_{muro} [W/m ² K]	Ψ_i [W/mK]		
	Espesor forjado (cm)		
	25	30	35
0,73	0,25	0,29	0,33
0,44	0,15	0,17	0,19
0,31	0,10	0,12	0,13
0,27	0,08	0,10	0,12
0,24	0,08	0,09	0,10

Imagen 91. Transmitancia térmica lineal, encuentro muro-forjado. Grupo 1. Fuente: DA DB-HE-3

8.6.6 | Encuentro solera-muro

Grupo 1: Forjados inferiores en contacto con el aire con aislamiento sobre el forjado o con continuidad entre el aislamiento de fachada y del forjado

$$\Psi_i = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$$



U_{muro} [W/m ² K]	Ψ_i [W/mK]				
	U_{solera} [W/m ² K]				
	0,53	0,52	0,42	0,37	0,32
0,73	0,44	0,43	0,35	0,31	0,26
0,44	0,53	0,52	0,44	0,40	0,35
0,31	0,57	0,56	0,48	0,43	0,39
0,27	0,58	0,57	0,48	0,45	0,40
0,24	0,59	0,58	0,50	0,45	0,41

U: Transmitancia térmica, en W/m² · K

Ψ_i : Transmitancia térmica lineal, en W/mK

Las transmitancias de la envolvente y las transmitancias térmicas lineales de los puentes térmicos y los encuentros se emplean para el cálculo de la transmitancia térmica lineal del cerramiento.

8.7 | Cálculo de la transmitancia térmica global K

Para el cálculo de los parámetros característicos de la envolvente se emplea el DA DB-HE y al DA DB-HE-1 del CTE.

Se obtiene el valor de la transmitancia térmica global, K_{lim} (W/m²·K) exigida por la normativa para edificios nuevos.

Utilizando los datos de la vivienda propuesta para el cálculo se obtiene:

Área envolvente: 309,59 m²

Volumen: 466,1416 m³

Compacidad (V/A): 466,14/309,59= 1,50 m³/ m²

Klim: 0,62 W/m²K

Tabla 3.1.1.b - HE1 Valor límite K_{lim} [W/m²K] para uso residencial privado

	Compacidad V/A [m ³ /m ²]	Zona climática de invierno					
		α	A	B	C	D	E
Edificios nuevos y ampliaciones	V/A ≤ 1	0,67	0,60	0,58	0,53	0,48	0,43
	V/A ≥ 4	0,86	0,80	0,77	0,72	0,67	0,62

Imagen 92. Tabla 3.1.1.b. Valor límite k para uso residencial privado. Fuente: (da DB-HE / 1-CTE, 2020)

$$K = \Sigma(W/K) / \text{Área envolvente}$$

Por un lado, se multiplica la transmitancia térmica de cada elemento U (W/m²K) por el área que ocupan con el exterior o la solera. Por otro lado, los puentes térmicos se calculan de manera lineal, multiplicando ψ_i (W/mK) por la longitud de los elementos a los que afectan.

	U (W/m ² K)	A (m ²)	W/K
Cerramiento	0.225	127.36	28.69
Solera	0.447	78.88	35.22
Cubierta	0.184	82.06	15.12
Hueco - ventanas	0.93	13.80	12.83
Hueco - puerta	1.480	3.36	4.97
	ψ_i (W/mK)	L (m)	W/K
Alféizar	0.08	13.80	1.10
Dintel	0.09	13.80	1.24
Jambas	0.03	20.00	0.60
Esquina	0.05	10.20	0.51
E. Solera-muro	0.5	25.82	12.91
E. Forjado-muro	0.08	25.82	2.07
TOTAL. $\Sigma(W/K)$			113.20
K= $\Sigma(W/K) / \text{Área envolvente}$			0.366

$$K = \Sigma(W/K) / \text{Área envolvente} = 0.369 < 0,62 \text{ CUMPLE}$$

Comprobamos que el cerramiento cumple holgadamente la transmitancia recomendada por el CTE.

RT: Resistencia térmica total, en m² K/ W. (RT= R+R+R...)

Ψ_i : Transmitancia térmica lineal (W/mK)

U: Transmitancia térmica, en W/m² ·K (U= 1/ RT)

Rse: Resistencia térmica superficial exterior, en m² K/ W

Rsi: Resistencia térmica superficial interior, en m² K/ W Compacidad (V/A): Relación entre el volumen encerrado por la envolvente térmica del edificio y la suma de las superficies de intercambio térmico con el aire exterior o el terreno de dicha envolvente térmica.

8.8 | Condensaciones. Econdensa

8.8.1 | Cerramiento

De forma análoga a los apartados 6.8 y 7.8 se ha procedido al cálculo de las condensaciones para el cerramiento y la cubierta empleando el software Econdensa. Las condiciones de cálculo son idénticas y únicamente se han modificado las capas que componen los cerramientos.

Condiciones de Cálculo

Ubicación
 Capital de provincia: Altitud de referencia (m): 984
 Diferencia de altura sobre la altitud de referencia (sólo si es positiva): m

Modificar condiciones estándar

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
T	2.9	4	5.8	8	11.8	16.1	19.9	19.5	16.5	11.3	3.4
HR	77	73	68	67	64	60	53	54	60	70	76

Temperatura interior (CTE-HE = 20 °C): °C

Humedad interior
 Sin datos conocidos sobre la humedad
 Humedad relativa interior constante y conocida %
 Producción de humedad y renovación del aire conocidos

G (kg/h) n (h⁻¹) V (m³)

Disposición del cerramiento
 Vertical Horizontal y flujo ascendente Horizontal y flujo descendente
 Es una partición interior en contacto con un espacio no habitable

Imagen 94. Datos. Fuente: Econdensa

Nombre	e	lambda	mu	R	U
Arenisca [2200 < d < 2600]	18	3	50	0.06	16.66667
Mortero de cemento o cal para albañilería y par...	3	1.8	10	0.016667	60.0
XPS Expandido con hidrofluorcarbonos HFC [...]	10	0.029	100	3.448276	0.29
BC con mortero convencional espesor 290 mm	29	0.421	10	0.688836	1.451724
Mortero de cemento o cal para albañilería y par...	2.5	1.8	10	0.013889	72
Enlucido de yeso aislante 500 < d < 600	1	0.18	6	0.055556	18
TOTALES	63.5	0		4.453	0.225

Imagen 93. Transmitancia del cerramiento. Fuente: Econdensa

Nombre	e	ro	mu	R	U	Pvap	Psat	Condens. Acum.
Arenisca [2200 < d < 2600]	18	3	50	0.06	16.66666	769.932	772.786	0
Mortero de cemento o cal para albañil...	3	1.8	10	0.016667	60.0	776.294	776.294	0.01755
XPS Expandido con hidrofluorcarbon...	10	0.029	100	3.448276	0.29	1161.63	1886.79	0
BC con mortero convencional espes...	29	0.421	10	0.688836	1.451724	1273.378	2228.436	0
Mortero de cemento o cal para albañil...	2.5	1.8	10	0.013889	72	1283.011	2235.848	0
Enlucido de yeso aislante 500 < d < 6...	1	0.18	6	0.055556	18	1285.323	2265.709	0

Si hay condensación en el aislante, deberá justificarse en proyecto que éste no sufre degradación.

Las capas se ordenan de exterior a interior. El dato de condensación corresponde a la interfase entre cada capa y la siguiente, pudiendo darse en el interior de la capa si el material es aislante.

Enero
 Text (°C): 2.9 Hiel.ext (°): 77 fRa.i = 0.9439
 Tint (°C): 20 Hiel.int (°): 55 fRa.min = 0.64
 Mes: E F M A M J J A S O N D

La cantidad evaporada es superior a la condensada.

CUMPLE

Imagen 95. Condensaciones del cerramiento. Fuente: Econdensa

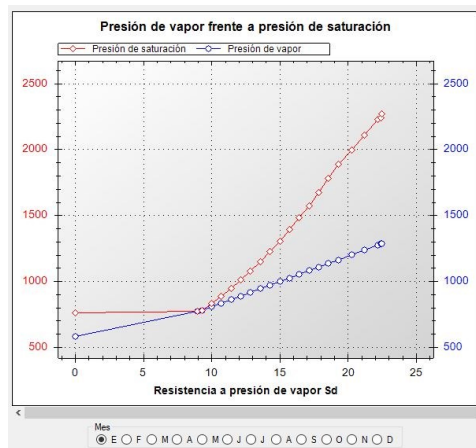


Imagen 97. Punto de condensación. Fuente: Econdensa

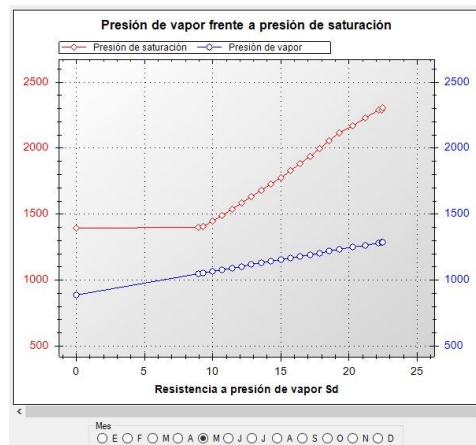


Imagen 96. Sin condensaciones. Fuente: Econdensa

8.8.2 | Cubierta

Las condiciones de cálculo son idénticas a las del apartado anterior. Se introducen en el programa las distintas capas que componen la cubierta y sus correspondientes espesores.

Condiciones de Cálculo

Ubicación
Capital de provincia: Altitud de referencia (m): 984
Diferencia de altura sobre la altitud de referencia (sólo si es positiva): m

Modificar condiciones estándar

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
T	2.9	4	5.8	8	11.8	16.1	19.9	19.5	16.5	11.3	6.1	3.4
HR	77	73	68	67	64	60	53	54	60	70	76	78

Temperatura interior (CTE-HE = 20 °C): °C

Humedad interior

Sin datos conocidos sobre la humedad

Humedad relativa interior constante y conocida %

Producción de humedad y renovación del aire conocidos

G (kg/h) n (h⁻¹) V (m³)

Disposición del cerramiento

Vertical Horizontal y flujo ascendente Horizontal y flujo descendente

Es una partición interior en contacto con un espacio no habitable

Imagen 98. Datos. Fuente: Econdensa

Nombre	e	lambda	mu	R	U
Teja de arcilla cocida	1.5	1	30	0.015	66.666667
Cámara de aire ligeramente ventilada vertical 5...	5	0.55555555	1	0.09	11.111111
Paneles de fibras con conglomerante hidráulic...	2	0.1	5	0.2	5
M/v Lana mineral [0.031 W/[mK]]	15	0.031	1	4.83871	0.206667
Polipropileno [PP]	0.2	0.22	10000	0.009091	110.0
Fronrosa ligera 435 < d < 565	2	0.15	50	0.133333	7.5
TOTALES	25.7	0		5.426	0.184

Imagen 100. Transmitancia de la cubierta. Fuente: Econdensa

Nombre	e	ro	mu	R	U	Pvap	Psat	Condens. Acum.
Teja de arcilla cocida	1.5	1	30	0.015	66.66666	593.513	666.988	0
Cámara de aire ligeramente ventilad...	5	0.55555	1	0.09	11.11111	593.838	682.256	0
Paneles de fibras con conglomerante...	2	0.1	5	0.2	5	597.092	717.296	0
M/v Lana mineral [0.031 W/[mK]]	15	0.031	1	4.83871	0.206667	601.973	2217.128	0
Polipropileno [PP]	0.2	0.22	10000	0.009091	110.0	1252.783	2221.522	0
Fronrosa ligera 435 < d < 565	2	0.15	50	0.133333	7.5	1285.323	2286.855	0

Si hay condensación en el aislante, deberá justificarse en proyecto que éste no sufre degradación.

Las capas se ordenan de exterior a interior. El dato de condensación corresponde a la interfase entre cada capa y la siguiente, pudiendo darse en el interior de la capa si el material es aislante.

Text (°C): 1.03 Hrel.ext (%): 88 fRai = 0.9448
Tint (°C): 20 Hrel.int (%): 55 fRai,min = 0.64

La cantidad evaporada es superior a la condensada.

Mes: E F M A M J J O A S O N D

CUMPLE

Imagen 99. Transmitancia de la cubierta. Fuente: Econdensa

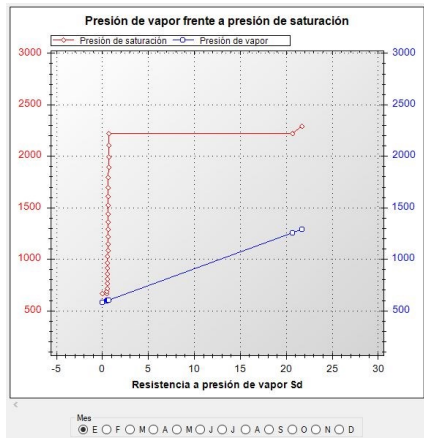


Imagen 102. Sin condensaciones. Fuente: Econdensa

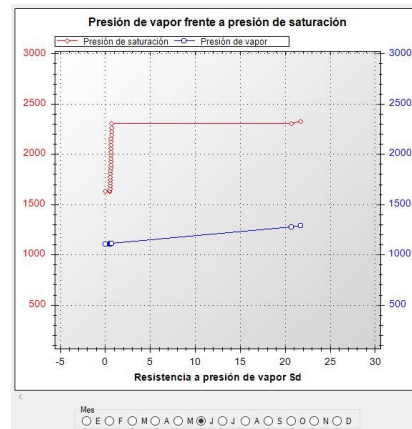


Imagen 101. Sin condensaciones. Fuente: Econdensa

Capítulo 9 | Análisis de costes de cerramientos verticales

9.1 | Rehabilitación

Se ha analizado el coste del cerramiento atendiendo a cada una de las capas que lo componen empleando el Generador de Precios de Cype, consultado en el mes de agosto del 2022. Para ello, se ha obtenido el precio unitario por metro cuadrado o metro cúbico y posteriormente se ha aplicado a la medición sobre la vivienda objeto de estudio.

Los precios unitarios obtenidos son los siguientes:

Muro de carga de fábrica de bloque cerámico aligerado 23,59 €/m²

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1 Materiales					
m12boc020a	Ud	Bloque cerámico aligerado machihembrado, E14 "CERÁMICA CAMPO", 30x19x14 cm, para revestir, resistencia a compresión 10 N/mm ² , densidad 855 kg/m ³ . Según UNE-EN 771-1.	11,561	0,43	5,55
m12boc021a	Ud	Medio bloque cerámico aligerado machihembrado, M14 "CERÁMICA CAMPO", 15x19x14 cm, para revestir, resistencia a compresión 10 N/mm ² . Según UNE-EN 771-1.	0,347	0,34	0,12
m12boc022a	Ud	Bloque de esquina cerámico aligerado machihembrado, E14 "CERÁMICA CAMPO", 30x19x14 cm, para revestir, resistencia a compresión 10 N/mm ² . Según UNE-EN 771-1.	3,255	0,68	2,21
m12boc023a	Ud	Bloque de terminación cerámico aligerado machihembrado, T14 "CERÁMICA CAMPO", 30x19x14 cm, para revestir, resistencia a compresión 10 N/mm ² . Según UNE-EN 771-1.	0,347	0,68	0,24
m10aaa010a	m ³	Aguá	0,094	1,50	0,01
m12tag005a	l	Arena de cantera, para mortero preparado en obra	0,917	10,00	0,31
m10cem011a	kg	Cemento Portland CEM III-B-L 32,5 R, color gris, en sacos, según UNE-EN 197-1.	3,317	0,10	0,33
Subtotal materiales:					8,77
2 Equipo y maquinaria					
m01hor010	h	Hormigonera	0,008	1,80	0,02
Subtotal equipo y maquinaria:					0,02
3 Mano de obra					
m0021	h	Oficial 1ª construcción en trabajos de albañilería	0,318	19,95	6,34
m0114	h	Peón ordinario construcción en trabajos de albañilería	0,428	18,89	8,00
Subtotal mano de obra:					14,34
4 Costes directos complementarios					
Coste de mantenimiento decenal: 1,10€ en los primeros 10 años.					2,000
					23,13
					0,48
					23,59
					23,59
Referencia norma UNE y Título de la norma transposición de norma armonizada					
UNE-EN 771-1:2011(A1) 2016			Aplicabilidad ₁	Obligatoriedad ₂	Sistema ₃
Especificaciones de piezas para fábrica de albañilería. Parte 1: Piezas de arcilla cocida			10.6.2016	10.6.2017	2+4
UNE-EN 197-1:2011			1.7.2012	1.7.2013	1+
Cemento. Parte 1. Composición, especificaciones y criterios de conformidad de los cementos comunes.					

Imagen 103. Muro de carga de fábrica de bloque cerámico aligerado. Fuente: CYPE

Aislamiento térmico por el interior de la hoja exterior 18,65 €/m²

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1 Materiales					
m16pp010a	m ²	Espuma rígida de poliuretano proyectado "in situ", densidad mínima 30 kg/m ³ , conductividad térmica 0,035 W/(mK) y Eurotoque E de reacción al fuego, según UNE-EN 14315-1, para el relleno de cámara de aire de 80 mm de espesor medio, en cerramientos de doble hoja de fábrica.	1,000	6,15	6,15
Subtotal materiales:					6,16
2 Equipo y maquinaria					
m00mpa030	h	Maquinaria para proyección de productos aislantes.	0,100	17,00	1,71
Subtotal equipo y maquinaria:					1,71
3 Mano de obra					
m0030	h	Oficial 1ª aplicador de productos aislantes.	0,281	20,30	5,30
m0058	h	Ayudante aplicador de productos aislantes.	0,261	19,60	5,12
Subtotal mano de obra:					10,42
4 Costes directos complementarios					
Coste de mantenimiento decenal: 0,37€ en los primeros 10 años.					2,000
					18,28
					0,37
					18,65
					18,65
Referencia norma UNE y Título de la norma transposición de norma armonizada					
UNE-EN 14315-1:2011			Aplicabilidad ₁	Obligatoriedad ₂	Sistema ₃
Especificaciones de los morteros para albañilería. Parte 1: Morteros para revoco y entucio.			1.8.2011	1.8.2012	4

Imagen 104. Aislamiento térmico por el interior de la hoja exterior. Fuente: CYPE

Capa de mortero de cemento sobre paramento interior 19,29 €/m²

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1 Materiales					
m10aaa010a	m ³	Aguá	0,097	1,50	0,01
m10ces050c	kg	Mortero de cemento, tipo GP CSIV W2, según UNE-EN 998-1, para uso en interiores o en exteriores, color gris, compuesto por cemento, áridos de granulometría seleccionada y aditivos, suministrado en sacos.	36,000	0,12	4,32
m10mon030	m	Junquillo de PVC.	0,750	0,35	0,26
Subtotal materiales:					4,59
2 Mano de obra					
m0039	h	Oficial 1ª revocador.	0,487	20,30	9,80
m0111	h	Peón especializado revocador.	0,223	19,87	4,43
Subtotal mano de obra:					14,32
3 Costes directos complementarios					
Coste de mantenimiento decenal: 0,50€ en los primeros 10 años.					2,000
					18,91
					0,38
					19,29
Referencia norma UNE y Título de la norma transposición de norma armonizada					
UNE-EN 998-1:2019			Aplicabilidad ₁	Obligatoriedad ₂	Sistema ₃
Especificaciones de los morteros para albañilería. Parte 1: Morteros para revoco y entucio.			1.8.2011	1.8.2012	4

Imagen 105. Capa base de mortero de cemento sobre paramento interior. Fuente: CYPE

Enlucido de yeso

1,70 €/m²

RPG011 m ² Enlucido de yeso.					1.70€
Enlucido de yeso de aplicación en capa fina C6 en una superficie previamente guarnecida, sobre paramento vertical, de hasta 3 m de altura.					
Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	Precio unitario	Precio partida
m109pye010a	m ²	Pasta de yeso para aplicación en capa fina C6, según UNE-EN 13279-1.	0.003	88.58	0.27
mo032	h	Oficial 1º yesero.	0.052	17.24	0.91
mo069	h	Ayudante yesero.	0.027	16.13	0.44
	%	Medios auxiliares	2.000	1.62	0.03
	%	Costes indirectos	3.000	1.65	0.05
Coste de mantenimiento decenal: 0.29€ en los primeros 10 años.					
				Total:	1.70

Imagen 106. Enlucido de yeso. Fuente: CYPE

Medición vivienda propuesta

Área cerramiento exterior (sin huecos)

127.36 m²

Perímetro de la vivienda

42,66 m

Presupuesto cerramiento

Elemento	Medición (m ²)	Precio unitario (m ²)	Coste total (€)
Piedra arenisca	127.36		0
Tierra vegetal	127.36		0
Piedra arenisca	127.36		0
Enlucido de yeso	127.36		0
A.T. (PUR) Proyectoado	127.36	18.65	2375.26
Termoarcilla (0.14m)	127.36	23.59	3004.42
Revoco mortero	127.36	19.29	2456.77
Enlucido de yeso	127.36	1.7	216.51
Precio unitario cerramiento			63.23 €/m²
Precio total cerramiento			8052.97 €

9.2 | Obra nueva

Muro de mampostería

197,71 €/m²

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1 Materiales					
m00naa010a	m ²	Piedra arenisca ordinaria para mampostería, formada por mampuestos de varias dimensiones sin labra previa alguna, arregiados solamente con martillo.	1.300	44.50	57.85
2 Mano de obra			Subtotal materiales: 57,85		
m0022	h	Oficial 1º colocador de piedra natural.	3.500	19.83	69.76
m0060	h	Ayudante colocador de piedra natural.	3.500	15.92	55.22
3 Costes directos complementarios			Subtotal mano de obra: 135,98		
Coste de mantenimiento decenal: 13.84€ en los primeros 10 años.			2.000	193.83	3.88
			Costes directos (1+2+3): 197,71		

Imagen 107. Muro de mampostería. Fuente: CYPE

Aislamiento térmico por el interior de la hoja exterior

26,52 €/m²

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1 Materiales					
m16aaa040b	kg	Adhesivo cementoso para fijación de paneles aislantes, en paramentos verticales.	1.000	0,45	0,45
m16paa0100g	m ²	Panel rígido de poliestireno extruido, según UNE-EN 13194, de superficie lisa y mecanizado lateral machihembrado, de 100 mm de espesor, resistencia a compresión >= 250 kPa, resistencia térmica 2,85 m ² ·K/W, conductividad térmica 0,038 W/(m·K). Colocación en obra, a tope, con patillas de adhesivo cementoso.	1.650	20,48	21,50
2 Mano de obra			Subtotal materiales: 21,95		
m0054	h	Oficial 1º montador de aislamientos.	0.100	20,87	2,09
m0101	h	Ayudante montador de aislamientos.	0.100	19,40	1,96
3 Costes directos complementarios			Subtotal mano de obra: 4,05		
Coste de mantenimiento decenal: 0,53€ en los primeros 10 años.			2.000	26,00	0,52
			Costes directos (1+2+3): 26,52		

Imagen 108. Aislamiento térmico por el interior de la hoja exterior. Fuente: CYPE

Muro de carga de fábrica de bloque cerámico aligerado

39,17 €/m²

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1 Materiales					
m102cc0201B	Ud	Bloque cerámico aligerado machihembrado, E29 "CERÁMICA CAMPO", 30x19x29 cm, para revestir, resistencia a compresión 10 N/mm ² , con juntas horizontales y verticales de 10 mm de espesor recubierta con mortero de cemento confeccionado en obra, con 300 kg/m ³ de cemento, color gris, densidad 1,5, suministrado en sacos, con piezas especiales tales como medios bloques, bloques de esquina y bloques de terminación. El precio no incluye los zunchos horizontales ni la formación de los dinteles de los huecos del paramento.	11.561	0,84	9,71
m102cc0201F	Ud	Bloque medio cerámico aligerado machihembrado, E29 "CERÁMICA CAMPO", 15x19x29 cm, para revestir, resistencia a compresión 10 N/mm ² , según UNE-EN 771-1.	0.347	0,68	0,29
m102cc0202F	Ud	Bloque de esquina cerámico aligerado machihembrado, E29 "CERÁMICA CAMPO", 14x19x29 cm, para revestir, resistencia a compresión 10 N/mm ² , según UNE-EN 771-1.	3.255	1,15	3,74
m102cc0202B	Ud	Bloque de terminación cerámico aligerado machihembrado, T29 "CERÁMICA CAMPO", 30x19x29 cm, para revestir, resistencia a compresión 10 N/mm ² , según UNE-EN 771-1.	0.347	1,15	0,40
m106aaa010a	m ³	Agua.	0.955	1,50	0,91
m101arg005a	t	Arena de cantera, para mortero preparado en obra.	0.938	10,00	0,85
m106cem011a	kg	Cemento Portland CEM I/B-E 4,32,5 R, color gris, en sacos, según UNE-EN 197-1.	0.955	0,19	0,39
2 Equipo y maquinaria			Subtotal materiales: 15,40		
m00shor010	h	Formonea.	0.916	1,88	0,93
3 Mano de obra			Subtotal equipo y maquinaria: 0,83		
m0021	h	Oficial 1º construcción en trabajos de albañilería.	0,458	19,93	9,13
m0114	h	Peón ordinario construcción en trabajos de albañilería.	0,889	15,69	17,88
4 Costes directos complementarios			Subtotal mano de obra: 27,01		
Coste de mantenimiento decenal: 1,91€ en los primeros 10 años.			2.000	37,42	0,75
			Costes directos (1+2+3+4): 38,17		
Referencia norma UNE y Título de la norma transposición de norma armonizada					
UNE-EN 771-1:2011(A1):2016			Aplicabilidad ₁	Obligación ₁	Sistema ₁
Especificaciones de piezas para fábrica de albañilería. Parte 1: Piezas de arcilla cocida.			10.6.2016	10.6.2017	2+4
UNE-EN 197-1:2011			1.7.2012	1.7.2013	4
Cemento. Parte 1: Composición, especificaciones y criterios de conformidad de los cementos comunes.					

Imagen 109. Muro de carga de fábrica de bloque cerámico aligerado. Fuente: CYPE

Capa base de mortero de cemento sobre paramento interior

19,20 €/m²

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1 Materiales					
m106aaa010a	m ²	Agua.	0.097	1,50	0,01
m102cc0950c	kg	Mortero de cemento, tipo GP CSIV V2, según UNE-EN 996-1, para uso en interiores o en exteriores, color gris, compuesto por cemento, áridos de granulometría seleccionada y aditivos, suministrado en sacos.	36.000	0,12	4,32
m106cem010	m	Ajuntado de PVC.	0.750	0,26	0,20
2 Mano de obra			Subtotal materiales: 4,59		
m0039	h	Oficial 1º revocador.	0,487	20,36	9,89
m0111	h	Peón especializado revocador.	0.233	19,87	4,63
3 Costes directos complementarios			Subtotal mano de obra: 14,52		
Coste de mantenimiento decenal: 0,56€ en los primeros 10 años.			2.000	18,91	0,38
			Costes directos (1+2+3): 19,20		
Referencia norma UNE y Título de la norma transposición de norma armonizada					
UNE-EN 996-1:2019			Aplicabilidad ₁	Obligación ₁	Sistema ₁
Especificaciones de los morteros para albañilería. Parte 1: Morteros para revoco y enlucido.			1.9.2011	1.6.2012	4

Imagen 110. Capa base de mortero de cemento sobre paramento interior. Fuente: CYPE

Enlucido de yeso

1,70 €/m²

RPG011 m ² Enlucido de yeso.					1,70€
Enlucido de yeso de aplicación en capa fina C6 en una superficie previamente guarnecida, sobre paramento vertical, de hasta 3 m de altura.					
Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend	Precio unitario	Precio partida
m009ye010a	m ²	Pasta de yeso para aplicación en capa fina C6, según UNE-EN 13279-1.	0,003	88,50	0,27
m0032	h	Oficial 1º yesero.	0,053	17,24	0,91
m0069	h	Ayudante yesero.	0,027	16,13	0,44
	%	Medios auxiliares	2,000	1,62	0,03
	%	Costes indirectos	3,000	1,65	0,05
Coste de mantenimiento decenal: 0,29€ en los primeros 10 años.				Total:	1,70

Imagen 111. Enlucido de yeso. Fuente: CYPE

Medición vivienda propuesta

Área cerramiento exterior (sin huecos)

127,36 m²

Perímetro de la vivienda

42,66 m

Presupuesto cerramiento

Elemento	Elemento	Elemento	Elemento
Piedra arenisca	127.36	197.71	25180.35
Capa de mortero	127.36	19.29	2456.77
A.T. (XPS)	127.36	26.52	3377.59
Termoarcilla (0.29 m)	127.36	38.17	4861.33
Revoco mortero	127.36	19.29	2456.77
Enlucido de yeso	127.36	1.7	216.51
Precio unitario cerramiento			302.68 €/m²
Precio total cerramiento			38549.32 €

Conclusiones

Llegados a este punto, tras analizar la situación de la España despoblada y, en concreto, de Soria, se han extraído las siguientes conclusiones:

- Existe un problema de despoblación en algunas zonas rurales debido principalmente al éxodo de habitantes a ciudades de mayor envergadura; además, cabe destacar el envejecimiento de la población de estas áreas.
- Es necesario plantear propuestas constructivas adaptadas e integradas en el medio rural como vía de desarrollo y resiliencia de zonas despobladas.
- La rehabilitación puede enfocarse como medio para mejorar las condiciones de confort y salubridad en las viviendas, manteniendo una estética tradicional e integrada en el entorno construido.
- En la propuesta de rehabilitación se presenta un trasdosado por la parte interior del muro existente con aislante y bloques de termoarcilla. Es posible conseguir un espacio interior confortable, acorde a las condiciones de habitabilidad de hoy en día cumpliendo las recomendaciones del DB-HE-1.
- En el caso de la propuesta de obra nueva resulta más sencillo cumplir la normativa. Utilizando desde el interior termoarcillas, una capa de aislante térmico y por fuera la hilada de piedras cogidas con mortero, se garantiza la integración en el medio de la vivienda, reúne las condiciones de habitabilidad adecuadas y genera una envolvente estructural muraria.

	VENTAJAS	DESVENTAJAS
REHABILITACIÓN	<ul style="list-style-type: none">-Fomento de la resiliencia-Aprovechamiento de una obra existente, lo que conlleva a una disminución de recursos.-Menor contaminación debido a la necesidad de movilizar menos recursos.-Menor tiempo de ejecución de la obra- Coste reducido de la obra: coste del cerramiento: 63.23 €/m²	<ul style="list-style-type: none">-Espesor considerable del muro (74cm) para cumplir con el DB-HE.-Limitación de superficie y lugar, condicionado por lo ya existente.-Limitación en el diseño (condicionantes estructurales).
OBRA NUEVA	<ul style="list-style-type: none">-Libertad de emplazamiento.-Libertad de diseño con multitud de posibilidades.-Espesor reducido del muro (55cm) para cumplir con el DB-HE.-Mejor iluminación al no contar con tantos condicionantes estructurales	<ul style="list-style-type: none">-Mayor movilización de recursos y, por tanto, mayor contaminación-Mayor tiempo de ejecución de la obra-Mayor contaminación acústica-Coste de la obra muy elevado: 302.68€/m²

Bibliografía

- Ángel Moreno Dopazo. (2011). Contribución al estudio de la arquitectura tradicional de la provincia de Soria construcciones con cubierta vegetal.
- Catálogo de Elementos Constructivos del CTE. (2010). Código Técnico de la Edificación. da DB-HE / 1-CTE. (2020). Código Técnico de la Edificación.
- Documento Básico HE-CTE. (2022). Código Técnico de la Edificación.
- Elena Labayen Berdonces. (2019). Despoblación de la sierra.
- Epdata. (2018). Datos de despoblación.
- Gaya Nuño, J. A. (1953). El Santero de San Saturio (3ª Edición, 1995). Colección Austral.
- Gil Crespo, I. J. (2012). Estudios previos para el análisis constructivo y catalogación geográfica de la arquitectura de tierra en la provincia de Soria.
- Gonzalo Prieto. (2018). Las reivindicaciones de la España vaciada y olvidada.
- INE. (2022a). Comunidades que han perdido o ganado población respecto al semestre anterior.
- INE. (2022b). Provincias que han ganado y perdido población en España entre 1975 y 2021.
- Instituto Geografico Nacional. (2022). Mapa de la Red Ferroviaria Española.
- María Blender. (2015). El valor U. La transmitancia térmica en edificación.
- Ministerio de Fomento. (2021). Mapas de carreteras de España.
- Organización de Naciones Unidas. (2016). Objetivo 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.
- Organización Naciones Unidas. (2016). Objetivo 11: Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles.
- Ponga Mayo, J. C., & Rodríguez Rodríguez, M. A. (2013). Arquitectura Popular en la comarcas de Castilla y León (Vol. 2).
- SORIA ¡YA! (2022). Soria ¡YA! Da el paso para salvar los obstáculos burocráticos.

Listado de imágenes

Imagen 1. Las Aldehuelas, Soria. Fuente: Elaboración propia	8
Imagen 2. Distribución de población en Europa. Fuente: Epdata	10
Imagen 3. Provincias que han ganado y perdido población en España entre 1975 y 2021. Fuente: (INE, 2022b).....	12
Imagen 4 Comunidades que han perdido o ganado población respecto al semestre anterior. Fuente: (INE, 2022a).....	13
Imagen 5. Municipios de Soria que han perdido o ganado población respecto al último año. Fuente: (INE, 2022a.....	13
Imagen 6. Mapa de carretas España. Fuente: (Ministerio de Fomento, 2021)	14
Imagen 7. Mapa de la Red Ferroviaria Española. Fuente: (Instituto Geográfico Nacional, 2022)	15
Imagen 8. Temperatura media anual. Fuente:(Agencia Estatal de Meteorología, 2022)	15
Imagen 9. Nevada invernal en Las Aldehuelas, Soria. Fuente: Elaboración propia	16
Imagen 10. Vivienda en ruinas Las Aldehuelas, Soria. Fuente: Elaboración propia (2022).....	17
Imagen 11. Almacén en ruinas Las Aldehuelas, Soria. Fuente: Elaboración propia (2022)	18
Imagen 12. Santo Domingo de Silos (Soria). Fuente: (Ponga Mayo & Rodríguez Rodríguez, 2013).....	19
Imagen 13. Almacén en Las Aldehuelas, Soria. Fuente: Elaboración propia (2022).....	20
Imagen 14. Cubierta de teja doble en Las Aldehuelas, Soria. Fuente: Elaboración propia (2022)	21
Imagen 15. Teja curva realizada de forma manual. Las Aldehuelas, Soria. Fuente: Elaboración propia (2022).....	21
Imagen 16. Distribución geográfica de la cubierta de teja vana en la provincia de Soria (Gil Crespo, 2012)	22
Imagen 17. La Riba de Escalote (Soria), Cubierta vegetal. Vista interior Fuente: (Ángel Moreno Dopazo, 2011)	23
Imagen 18. Muro de piedra en Las Aldehuelas, Soria. Fuente: Elaboración propia (2022)	24
Imagen 19. Montones de piedras escogidas personalmente. Las Aldehuelas, Soria. Fuente: Elaboración propia (2022.....	24
Imagen 20. Restos de adobes. Las Aldehuelas, Soria. Fuente: Elaboración propia (2022)	25
Imagen 21. Planos Vivienda propuesta para el cálculo. Fuente: Elaboración propia	28
Imagen 22. Muro de piedra, elaboración propia. Soria. Fuente: E.P. (2022)	31
Imagen 23. Cubierta de teja. Las Aldehuelas, Soria. Fuente: E.P. (2022).....	31
Imagen 24. Cubierta de madera. Soria. Fuente: Elaboración propia (2022)	31
Imagen 25. Detalle cerramiento sistema tradicional. Fuente: elaboración propia	32
Imagen 26. Tabla a- Anejo E. (Documento Básico HE-CTE, 2022	33
Imagen 27. Tabla 1. Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior. Fuente: DB-HE / 1-CTE, 2020).....	33
Imagen 28. Tabla a-Anejo E. Fuente: (Documento Básico HE-CTE, 2022)	34
Imagen 29. Tabla 3. Transmitancia térmica. Fuente: (DA DB-HE / 1-CTE, 2020).....	34
Imagen 30. Tabla a-Anejo E. Fuente: (Documento Básico HE-CTE, 2022)	35

Imagen 31. Tabla 1. Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior. Fuente: DB-HE / 1-CTE, 2020).....	35
Imagen 32. Transmitancia térmica del elemento. Fuente: (Documento Básico HE-CTE, 2022).....	36
Imagen 33. Marco de madera. Fuente: (Catálogo de Elementos Constructivos del CTE, 2010)	37
Imagen 34. Transmitancia térmica lineal alféizar. Grupo 2. Fuente: DA DB-HE-3	38
Imagen 35. Transmitancia térmica lineal dintel. Grupo 2. Fuente: DA DB-HE-3	38
Imagen 36. Transmitancia térmica lineal jamba. Grupo 2. Fuente: DA DB-HE-3.....	38
Imagen 37. Tabla 3.1.1.b. Valor límite k para uso residencial privado. Fuente: DB-HE-1-CTE, 2020) 39	
Imagen 38. Transmitancia del cerramiento. Fuente: Econdensa	41
Imagen 39. Datos. Fuente: Econdensa	41
Imagen 40. Condensaciones del cerramiento. Fuente: Econdensa	41
Imagen 41. Sin condensaciones. Fuente: Econdensa.....	42
Imagen 42. Punto de condensación. Fuente: Econdensa	42
Imagen 43. Transmitancia de la cubierta. Fuente: Econdensa	42
Imagen 44. Datos. Fuente: Econdensa	42
Imagen 45. Condensaciones de la cubierta. Fuente: Econdensa.....	42
Imagen 46. Punto de condensación. Fuente: Econdensa	42
Imagen 47. Sin condensaciones. Fuente: Econdensa.....	42
Imagen 48. Trasdosado de termoarcilla, Soria. Fuente: Elaboración propia. (2022).....	43
Imagen 49. Cubierta de madera. Soria. Fuente: Elaboración propia (2022)	43
Imagen 50. Detalle cerramiento rehabilitación. Fuente: elaboración propia	44
Imagen 51. Tabla a- Anejo E. (Documento Básico HE-CTE, 2022)	45
Imagen 52. Tabla 1. Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior. Fuente: DB-HE / 1-CTE, 2020).....	45
Imagen 53. Tabla a-Anejo E. Fuente: (Documento Básico HE-CTE, 2022)	47
Imagen 54. Tabla 3. Transmitancia térmica. Fuente: (DA DB-HE / 1-CTE, 2020).....	47
Imagen 55. Tabla a-Anejo E. Fuente: (Documento Básico HE-CTE, 2022)	48
Imagen 56. Tabla 1. Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior. Fuente: DB-HE / 1-CTE, 2020).....	48
Imagen 57. Transmitancia térmica del elemento. Fuente: (Documento Básico HE-CTE, 2022).....	49
Imagen 58. Carpintería mixta. Fuente: Romanclavero.es	49
Imagen 59. Transmitancia térmica lineal jamba. Grupo 1. Fuente: DA DB-HE-3.....	51
Imagen 60. Transmitancia térmica lineal dintel. Grupo 1. Fuente: DA DB-HE-3	51
Imagen 61. Transmitancia térmica lineal jambas. Grupo 1. Fuente: DA DB-HE-3	51
Imagen 62. Transmitancia térmica lineal esquinas. Grupo 1. Fuente: DA DB-HE-3	52
Imagen 63. Transmitancia térmica lineal, encuentro muro-forjado. Grupo 1. Fuente: DA DB-HE-3...52	
Imagen 64. Transmitancia térmica lineal, encuentro solera-muro. Grupo 1. Fuente: DA DB-HE-352	
Imagen 65. Tabla 3.1.1.b. Valor límite k para uso residencial privado. Fuente: DB-HE-1-CTE, 2020) 52	
Imagen 66. Transmitancia del cerramiento. Fuente: Econdensa	54

Imagen 67. Datos Econdensa	54
Imagen 68. Condensaciones del cerramiento. Fuente: Econdensa	54
Imagen 69. Sin condensaciones. Fuente: Econdensa.....	54
Imagen 70. Punto de condensación. Fuente: Econdensa	54
Imagen 71. Datos. Fuente: Econdensa	55
Imagen 72. Transmitancia de la cubierta. Fuente: Econdensa	55
Imagen 73. Transmitancia de la cubierta. Fuente: Econdensa	55
Imagen 74. Sin condensaciones. Fuente: Econdensa.....	55
Imagen 75. Sin condensaciones. Fuente: Econdensa.....	55
Imagen 76. Muro de piedra. Soria. Fuente: Elaboración propia (2022)	56
Imagen 77. Termoarcilla con A.T. (XPS), Soria. Fuente: Elaboración propia. (2022).....	56
Imagen 78. Detalle cerramiento obra nueva. Fuente: elaboración propia	57
Imagen 79. Tabla a- Anejo E. (Documento Básico HE-CTE, 2022).....	58
Imagen 80. Tabla 1. Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior. Fuente: DB-HE / 1-CTE, 2020).....	58
Imagen 81. Tabla a-Anejo E. Fuente: (Documento Básico HE-CTE, 2022)	59
Imagen 82. Tabla 3. Transmitancia térmica. Fuente: (DA DB-HE-1-CTE, 2020)	59
Imagen 83. Tabla a-Anejo E. Fuente: (Documento Básico HE-CTE, 2022)	60
Imagen 84. Tabla 1. Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior. Fuente: DB-HE / 1-CTE, 2020).....	60
Imagen 85. Transmitancia térmica del elemento. Fuente: (Documento Básico HE-CTE, 2022).....	61
Imagen 86. Carpintería mixta. Fuente: Romanclavero.es	61
Imagen 87. Transmitancia térmica lineal jamba. Grupo 1. Fuente: DA DB-HE-3.....	63
Imagen 88. Transmitancia térmica lineal dintel. Grupo 1. Fuente: DA DB-HE-3	63
Imagen 89. Transmitancia térmica lineal jambas. Grupo 1. Fuente: DA DB-HE-3	63
Imagen 90. Transmitancia térmica lineal esquinas. Grupo 1. Fuente: DA DB-HE-3	64
Imagen 91. Transmitancia térmica lineal, encuentro muro-forjado. Grupo 1. Fuente: DA DB-HE-3...64	
Imagen 92. Tabla 3.1.1.b. Valor límite k para uso residencial privado. Fuente: (da DB-HE / 1-CTE, 2020)	65
Imagen 93. Transmitancia del cerramiento. Fuente: Econdensa.....	66
Imagen 94. Condensaciones del cerramiento. Fuente: Econdensa	66
Imagen 95. Datos. Fuente: Econdensa	66
Imagen 96. Sin condensaciones. Fuente: Econdensa.....	66
Imagen 97. Punto de condensación. Fuente: Econdensa	66
Imagen 98. Datos. Fuente: Econdensa	67
Imagen 99. Transmitancia de la cubierta. Fuente: Econdensa	67
Imagen 100. Transmitancia de la cubierta. Fuente: Econdensa	67
Imagen 101. Sin condensaciones. Fuente: Econdensa	67
Imagen 102. Sin condensaciones. Fuente: Econdensa	67

Imagen 103. Muro de carga de fábrica de bloque cerámico aligerado. Fuente: CYPE68

Imagen 104. Aislamiento térmico por el interior de la hoja exterior. Fuente: CYPE68

Imagen 105. Capa base de mortero de cemento sobre paramento interior. Fuente: CYPE68

Imagen 106. Enlucido de yeso. Fuente: CYPE.....69

Imagen 107. Muro de mampostería. Fuente: CYPE70

Imagen 108. Aislamiento térmico por el interior de la hoja exterior. Fuente: CYPE70

Imagen 109. Muro de carga de fábrica de bloque cerámico aligerado. Fuente: CYPE70

Imagen 110. Capa base de mortero de cemento sobre paramento interior. Fuente: CYPE70

Imagen 111. Enlucido de yeso. Fuente: CYPE.....71