

Viabilidad constructiva del bloque de Tierra en España

Ana Romero Girón

Directores:

Reyes Rodríguez García
Jacinto Canivell García de Paredes

Programa de Doctorado en Arquitectura:

La sostenibilidad desde lo técnico, tecnológico y productivo

Departamento de Construcciones Arquitectónicas I

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla

Universidad de Sevilla

Junio, 2017

*Nada te turbe,
nada te espante;
todo se pasa;
Dios no se muda,
la paciencia todo lo alcanza.
(Santa Teresa de Jesús)*

A mis padres, mi hermana y a Juan.

AGRADECIMIENTOS

A mis directores, Reyes Rodríguez García y Jacinto Canivell García de Paredes, por tener confianza en mí, por la infinidad de horas que hemos pasado juntos corrigiendo a pesar de las circunstancias, por transmitirme su conocimiento y experiencia y por darme esta oportunidad. Gracias por vuestra paciencia y por el cariño que me habéis dado.

A Ana, por tus consejos y porque gracias a ella empezó esta aventura hace ya 5 años.

A mis padres, por creer en mí, por su apoyo incondicional, porque sin ellos no estaría escribiendo estas líneas y, sobre todo, por mostrarme y darme luz al camino de la vida.

A Juan, por su paciencia y saber entenderme, por ayudarme a seguir escribiendo y hacer que me siente delante del ordenador cuando estaba cansada. Por compartir su vida conmigo.

A las personas que, durante este tiempo, de manera desinteresada, me han ayudado, recibido en sus casas o trabajos, ofrecido su tiempo a través de infinidad de correos y charlas telefónicas y así, ofrecerme su experiencia y conocimiento: Mauricio Armillas, Rodolfo Rotondaro, Jon Santibáñez, Almudena Mateo-Sagasta, Mónica Brümmer, Pedro Bel, David Pradas, Jorge Seisdedos, Eduardo Ramos, Petra Jebens-Zirkel, Kusha Goreishi, Pilar Valero, entre otros. A los propietarios de los inmuebles analizados, por abrirme sus casas y para que aprenda de ellas.

A los expertos que participado en este trabajo: Guillermo Rolón, Rubén Salvador Roux y Daniel Maskell.

De todas esas personas que me han ayudado, tengo que hacer una mención especial a Miguel Rocha y a Nani, del Departamento de Matemáticas de la Universidad de Sevilla. Gracias a los dos por las horas de charlas y por ofrecerme vuestra ayuda.

A mi hermana, por darme ánimos cada día. A mi familia, que ha estado ahí siempre. A mis amigos, que han sabido entender que no estuviera con ellos en muchísimos momentos. En especial a Macarena, por ayudarme durante tantos meses.

ÍNDICE

Agradecimientos.....	5
Índice.....	7
Acrónimos	9
1. Fundamentos de la investigación.....	15
1.1. Interés y oportunidad de la investigación.....	17
1.2. Estado de la cuestión.....	20
1.2.1. La construcción con tierra cruda.....	20
1.2.2. Uso del bloque de tierra en la construcción.....	24
1.2.3. La normalización y reglamentación del bloque de tierra.....	31
1.2.4. Indicadores.....	34
2. Objetivos y metodología.....	37
2.1. Objetivos.....	39
2.2. Metodología	40
3. Inventario de arquitectura construida con bloque de tierra. Casos de estudio.....	43
3.1. Aspectos iniciales.....	45
3.2. Procedimiento para la obtención de datos.....	47
3.3. Parámetros analizados según las categorías de los agentes de la edificación	53
3.4. Aproximación al inventario de inmuebles y sus agentes	59
3.4.1. Inventario	59
3.4.2. Los agentes de la edificación	63
3.5. El bloque de tierra en el Código Técnico de la Edificación.....	74
3.6. Análisis de soluciones constructivas empleadas en España	89
4. Determinaciones de aspectos constructivos del bloque de tierra. Indicadores.....	113
4.1. Calidad del producto	116
4.1.1. Propiedades geométricas.....	116
4.1.2. Propiedades físicas	123
4.1.3. Propiedades químicas.....	129
4.2. Los requisitos constructivos.....	134
4.2.1. Seguridad	134
4.2.2. Habitabilidad	142
4.3. Acciones externas que afectan al bloque de tierra.....	151

4.3.1. Acciones físicas.....	152
4.3.2. Acciones mecánicas.....	155
4.3.3. Acciones químicas.....	160
4.4. Indicadores.....	160
4.4.1. Contexto normativo.....	160
4.4.2. Propuesta de indicadores basados en los aspectos constructivos.....	165
5. Estudio de Viabilidad Constructiva	171
5.1. Ámbito de aplicación	173
5.2. Entrada de datos	181
5.3. Definición y asignación de niveles de evaluación técnica (EVC)	187
5.3.1. Descripción básica de los indicadores	187
5.3.2. Criterios de elección de los niveles de evaluación técnica (NET).....	188
5.3.3. Desarrollo de los niveles de evaluación técnica (NET)	190
5.4. Niveles de evaluación técnica ponderada (NETP) y factores de ponderación	234
5.4.1. Definición	234
5.4.2. Encuesta a expertos y criterios de elección	235
5.4.3. Nivel de evaluación técnica ponderado (NETP)	236
5.5. Propuesta de combinaciones	243
5.6. Evaluación de los grados de idoneidad	249
5.7. Aproximación a recomendaciones y soluciones constructivas.....	260
6. Validación de la herramienta	269
6.1. Entrada de datos	271
6.2. Niveles de análisis.....	284
7. Resultados y discusión del estudio de viabilidad constructiva (EVC).....	293
7.1. Consideraciones previas	295
7.2. Análisis de los resultados del EVC.....	296
7.3. Detalles constructivos y especificaciones	318
7.3.1. Descripción de materiales y sistemas constructivos	321
7.3.2. Desarrollo	327
8. Conclusiones	357
9. Futuras líneas de investigación	363

Referencias	367
Listado de tablas y figuras	381
Anexos.....	391
Anexo A. Organismos, líneas de investigación y normativas	393
Anexo B. Inventario y agentes.....	427
Anexo C. Resultados del estudio de viabilidad constructiva y productos	529

ACRÓNIMOS

A

- **ABCTerra.** Centro de investigación y difusión de construcción con tierra de Brasil.
- **ABNT.** Asociación brasileña de normas técnicas.
- **AE.** Acciones externas.
- **AENOR.** Asociación española de normalización y certificación.
- **AFNOR.** Association française de Normalisation.
- **AKTERRE.** Centro de difusión del conocimiento de la construcción con tierra en Francia.
- **ASEG.** Australia Stabilised Earth Group.
- **ASTERRE.** Centro de difusión de conocimiento y nueva construcción con tierra en Francia.
- **ASTM.** American Society for Testing and Materials (USA).

B

- **BIS.** Bureau of Indian Standards.
- **BT.** Bloque de tierra.
- **BTC.** Bloque de tierra comprimido.
- **BTE.** Bloque de tierra extruido.

C

- **CEDODAL.** Centro de documentación de arquitectura latinoamericana.
- **CEDTERRA.** Centro de Investigación y difusión de la construcción con tierra (Italia).
- **CEIBA.** Centro de Estudio e Investigación de Bioarquitectura (Argentina).
- **CIAT.** Centro de Investigación de la Arquitectura Tradicional (UPM, Madrid).
- **CIB.** Conseil International du Bâtiment. International Council for building research studies and documentation.
- **CICRA.** Centro de Investigación de construcción rural y medioambiente. Centro de Investigação de Construção Rural e Ambiente (Portugal, Escola Gallaecia).
- **CINVA-Ram.** Máquina para la elaboración de bloques de tierra.
- **CRITIC.** Centro Internacional de Investigación y difusión de la construcción con tierra (Argentina).
- **CP.** Calidad del producto.
- **CTE.** Código Técnico de la Edificación.

- **CTE-DB-SE.** Código técnico de la edificación, documento básico de seguridad estructural, cimientos.
- **CTE DB SE-F.** Código técnico de la edificación, documento básico de seguridad estructural, fábrica.

D

- **DACHVERBAND LEHM e.V.** Centro de Investigación y difusión de la construcción con tierra (Alemania).
- **DIN.** Deutsches Institut für Normung (Instituto alemán de normalización).
- **DF.** Dirección facultativa.
- **DEO.** Director de ejecución de obra.
- **DO.** Director de obra.

E

- **EBBA.** Asociación de construcción con tierra (Australia).
- **EBANZ.** Asociación de construcción con tierra (Nueva Zelanda).
- **ECB.** European Chemicals Bureau. Oficina europea de productos químicos.
- **EVC.** Estudio de viabilidad constructiva.

F

- **FAL e.V.** Centro de investigación, docencia y difusión de los materiales de construcción (Alemania).

G

- **GI.** Grado de idoneidad.
- **GIC.** Grado de idoneidad combinado.
- **GRIME.** Grupo e Investigación en Materiales y estructuras (Bogotá, Colombia).

I

- **ICCROM.** Centro Internacional de Estudio para la conservación y la restauración de Bienes culturales.
- **ICOMOS.** Organización internacional no gubernamental de profesionales de la conservación de los monumentos y sitios históricos.
- **INNORPI.** Oficina Tunecina de Propiedad Industrial (Túnez).
- **INDECOPI.** Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (Perú).

- **ISCEAH.** Comité científico internacional de patrimonio arquitectónico en tierra.

K

- **KBS.** Kenya Bureau of Standards.

L

- **LOE.** Ley de Ordenación de la Edificación.

M

- **MOPT.** Ministerio de Obras Públicas y Transportes (España).

N

- **NBE.** Normas básicas de la edificación.
- **NET.** Nivel de evaluación técnica.
- **NETP.** Nivel de evaluación técnica ponderada.
- **NZS.** New Zeland Standards (Normas neozelandesas).

P

- **PEM.** Presupuesto de ejecución material.
- **PROTERRA-CYTED.** Red iberoamericana de arquitectura y construcción con tierra.
- **PROTIERRA.** Centro de difusión y nueva construcción con tierra de Colombia.

R

- **RC.** Requisitos constructivos.

S

- **SON.** Standards Organisation of Nigeria.
- **SENCICO.** Reglamento Nacional de Construcciones de Lima (Perú).

T

- **TSE.** Institución turca de estandarización y normalización (Türk Standardlari Enstitüsü).
- **TFM.** Trabajo fin de máster.

Capítulo 1

Fundamentos de la investigación

Este capítulo argumenta sobre la oportunidad de la investigación llevada a cabo en un contexto constructivo. A continuación, se establece el estado de la cuestión en el que se desarrolla el uso del bloque de tierra (en adelante, BT) en la construcción actual, el contexto normativo y el uso de los indicadores en esta investigación.

1.1. Interés y oportunidad de la investigación	17
1.2. Estado de la cuestión	20
1.2.1. La construcción con tierra cruda	20
1.2.2. Uso del bloque de tierra en la construcción	24
1.2.3. La normalización y reglamentación del bloque de tierra	31
1.2.4. Indicadores	34

1. FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. INTERÉS Y OPORTUNIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

Durante los últimos años la situación medioambiental y económica está generando la necesidad e interés por la investigación, desarrollo e innovación en nuevos materiales, así como soluciones constructivas adecuadas al nuevo contexto ambiental, energético y social. Por ello, la utilización del BT se muestra como una alternativa viable en la construcción (Bestraten, Hormías, & Altemir, 2011). La definición de **BT** que se emplea incluye el **bloque de tierra comprimida** (en adelante, **BTC**), el **bloque de tierra extruido** (**BTE**) y el **adobe**, que son los productos que actualmente más se utilizan con la tierra cruda como material.

Según el procedimiento de ejecución, el BT se denomina **comprimido** (por la acción de comprimir la tierra en una prensa mecánica y un molde) o **extruido** (resultado del procedimiento de la ejecución similar al ladrillo cocido). El **adobe**¹ es un bloque macizo de tierra, sin cocer y secado al sol, que puede contener paja u otro material fibroso que disminuya la retracción.

En particular, el **BTC** es una pieza de tierra húmeda, generalmente en forma de paralelepípedo rectangular, obtenida por compresión estática o dinámica (Aenor, 2008b). El **BTE** se obtiene por extrusión y el **adobe** por moldeado. Las piezas se ajustan a la forma del molde donde se realice la compresión, el extruido o el secado, por lo que no tienen un formato estandarizado. Será el propio fabricante quien deba indicar las dimensiones nominales de su producto aunque las medidas usuales son 29,5 x 14 x 9 cm.

La mayoría de las **investigaciones consultadas** suelen estudiar la respuesta sísmica de las edificaciones y, más recientemente, las propiedades mecánicas, térmicas y la respuesta al agua. Diversos documentos avalan la utilización del BT argumentando aspectos económicos, su reutilización (si no está estabilizado²) (Van Damme

¹El término adobe proviene del vocablo árabe "attub" que significa ladrillo secado al sol. (M. A. Rodríguez & Saroza, 2006)

²La estabilización supone una mejora de las características mecánicas, reducir la tendencia a la dilatación y contracción, reducir la absorción, entre otros aspectos. Para aumentar la durabilidad frente a los agentes externos se emplean los estabilizantes y su uso es común en los tres tipos de BT. Sin embargo, la estabilización con algunos productos como el cemento supone una disminución de su huella ecológica.

& Houben, 2017), emisiones, toxicidad e, incluso, calidad del aire interior (Pacheco-Torgal & Jalali, 2012). El número de investigadores que aportan nuevos datos al conocimiento de este producto ha aumentado en los últimos años.

En el campo normativo son muchos los países que en los últimos años trabajan en la **normalización** acerca del BT o, de manera general, sobre la tierra cruda. Entre ellos se encuentran Colombia, con su norma realizada en 2005, Perú en 2000 y España en 2008. Además deben señalarse países como Brasil, India y Nueva Zelanda que disponen de normativa sobre construcción con tierra³ (Jiménez & Cañas, 2006; Lehm, 2014). Es importante resaltar la existencia de documentos que, sin tener el carácter de normas o reglamentos, tienen importancia en ciertos países como es el caso de los emitidos en Alemania y Australia. En España, en el año 2008 AENOR publicó la norma UNE 41410:2008 denominada *Bloques de Tierra comprimida para muros y tabiques. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo* en la que incluía la definición, especificaciones y ensayos para los BTC. Sin embargo, España aún no cuenta con una normativa que refleje aspectos referidos al uso del adobe ni al BTE.

No hay duda de que durante los últimos años se ha progresado notablemente en el estudio del BT por medio de una producción científica adecuada y apoyada por la definición de normativa y la difusión de manuales específicos. Sin embargo, el avance científico no se corresponde con un aumento significativo de la confianza del técnico proyectista hacia la utilización del producto. Aún se ocasionan ciertas dudas sobre la idoneidad de las soluciones constructivas que son posibles desarrollarse con BT. En particular, soluciones constructivas que garanticen la durabilidad del producto. **Dar respuesta fundamentada a las múltiples dudas** que puede tener el usuario de BT en España, se considera como un avance importante para conseguir que este producto adquiriera un protagonismo relevante.

Asimismo, es fundamental analizar los conocimientos existentes en esta área de investigación para recopilar y difundir determinaciones constructivas sobre el BT basadas en la durabilidad del producto. En este contexto, el trabajo trata de **contribuir al desarrollo de una herramienta analítica sencilla que dé soporte en la toma de decisiones ligadas a la construcción con BT**. Se pretende diseñar una herramienta, denominada **Estudio de Viabilidad Constructiva** (en adelante, EVC), para evaluar y comparar las consideraciones tomadas en las primeras fases de un

³ En el anexo A se especifican las normativas de los países nombrados.

proyecto arquitectónico con las determinaciones constructivas desarrolladas. Para ello, se utilizan indicadores cuantitativos sobre las consideraciones del proyecto arquitectónico argumentadas en las determinaciones recopiladas del conocimiento científico. Por tanto, los resultados de la evaluación son entendidos como grados de idoneidad del uso del BT para dicho proyecto arquitectónico.

Además, se pretende que los resultados de la evaluación contribuyan a la mejora de la definición de los proyectos arquitectónicos en el sector de lo constructivo y sólo para obra de nueva planta.

Para el desarrollo de la herramienta se han seleccionado casos de obras de nueva planta y, de ellas, sólo el elemento constructivo de muro de fábrica que hace de cerramiento y portante o no, ya que es el elemento más frecuente en las obras analizadas y con mayor número de exigencias. Como ya se ha indicado, se evalúan solo aspectos constructivos del proyecto, aunque también se consideran esenciales aspectos como los económicos, productivos, sociales o las implicaciones del BT en la rehabilitación, que se plantean como futuras líneas de trabajo.

1.2. ESTADO DE LA CUESTIÓN

En este apartado se presenta la revisión de los estudios que aportan conocimiento sobre del BT en la construcción y el análisis del marco normativo. Asimismo se exponen estudios sobre la utilización de indicadores en distintos ámbitos.

1.2.1. LA CONSTRUCCIÓN CON TIERRA CRUDA

La tierra cruda constituye uno de los materiales actuales más adecuados en términos ecológicos por diversas ventajas bien conocidas (Maldonado Ramos, Castilla Pascual, Vela Cossío, & Rivera Gómez, 2001; Maldonado Ramos, Rivera Gámez, & Vela Cossío, 2002). La mayoría de las investigaciones llevadas a cabo se basan en la respuesta sísmica de las edificaciones (Juárez, Caballero, & Morales, 2010; Varum & Masood Rafi, 2017) y más recientemente en las propiedades mecánicas y térmicas (K. Heathcote, 2011). Diversos documentos avalan la utilización de la tierra cruda en cuanto a aspectos económicos, gestión de residuos, emisiones, toxicidad (Vázquez, 2001) e, incluso, por la aportación en la habitabilidad de los espacios mediante la mejora de la calidad del aire interior (Park et al., 2005). Los objetivos de los estudios están enfocados hacia dos líneas de trabajo fundamentalmente: *la conservación y recuperación del patrimonio construido en tierra y el desarrollo de especificaciones para su uso como material de construcción.*

Son numerosas las **organizaciones** que mejoran e impulsan el uso de la tierra cruda como material de construcción viable. Algunas entidades nacionales que realizan estas funciones son Grupo Tierra en Valladolid, IETcc – Instituto Eduardo Torroja de Ciencias de la Construcción (Madrid), la asociación Estepa en Castilla y León, entre otras; en el ámbito internacional son importantes las entidades ICOMOS, la Red Iberoamericana de Arquitectura y Construcción con tierra (Proterra), CRATERRE en Francia, Auroville en la India, entre otras. Todas ellas promueven la difusión del conocimiento y publican tratados y manuales que son fundamentales en toda investigación de construcción con tierra. Entre ellos es de señalar *Traité de construction en terre* (Houben, 1995), *HB 195 The Australian earth building handbook* (Peter Walker, 2001) y *Earth construction: a comprehensive guide* (Houben & Guillaud, 2008) o la publicación *Building with earth* (Minke, 2006).

Con respecto a la producción científica española, son contribuciones bibliográficas importantes el libro de *La tierra material de construcción* (Salas,

1986) y las aportaciones del manual del *Curso de construcción con tierra* (Maldonado Ramos & Vela Cossío, 2001) ⁴.

Además, en los últimos años se ha producido un aumento en el ámbito de la **formación** de técnicos y usuarios para la construcción con tierra, a través de talleres teórico-prácticos. En España esto se debe al impulso de las asociaciones como Grupo Tierra (Valladolid), Habitat Tierra (Madrid), Dehesa Tierra (Extremadura), Terrand (Sevilla), Cedacterra (Badajoz), entre otras.

Así mismo, se ha ido produciendo un aumento de la publicación de tesis doctorales, trabajos fin de máster y la difusión de resultados en diversas redes y plataformas para el conocimiento.

La tierra cruda se clasifica según su dosificación, tratamiento y método de ejecución. Estas posibilidades se desarrollan en diversos tipos de sistemas constructivos, entre los cuales la **tapia y el adobe** son los más utilizados (Jiménez & Cañas, 2006; UNESCO, 2012). También se ha hecho uso de los sistemas que emplean **tierra modelada**, que permite la construcción de cerramientos sin la presencia de moldes. Como variante a la tierra modelada, el **Cob** se basa en el apilado sobre el muro de pelladas de barro y fibras vegetales (Minke, 2005), aunque este ha sido poco empleado en España.

Una de las formas más habituales para mejorar las propiedades de la tierra y su uso en la construcción se basa en el **empleo de la tierra compactada**. Con las primeras máquinas para comprimir la tierra y, más aún, con las máquinas motorizadas a principio del siglo XX se mejora el método de compresión de la tierra contenida en un molde (Rigassi & CRATerre-EAG, 1995). Con ello, se evoluciona en la calidad de la resistencia de los bloques y absorción de agua (Maldonado Ramos et al., 2001).

Los **ejemplos de construcción con tierra** son abundantes en el mundo y se extienden desde una arquitectura tradicional de formas sencillas hasta otras más complejas utilizadas en lo monumental. Es necesario recalcar que el mayor conjunto patrimonial de tierra en España se encuentra en la arquitectura tradicional reconocible en toda su geografía (Jiménez & Cañas, 2006). Algunas zonas en las que la tierra adquiere una especial relevancia por su carácter histórico son Tierra de

⁴ Ver Anexo A: Ampliación de la información sobre los organismos dedicados a la formación, las fuentes bibliográficas, la divulgación y construcción con tierra.

Campos en Castilla y León (Figura 1), de Levante, Cataluña y Andalucía, en las que se encuentran ejemplos de diversa índole, tanto en arquitectura militar como residencial (Bestraten Castells & Hormias Laperal, 2012).



Figura 1. Arquitectura doméstica en Tierra de Campos (Castilla y León). Fuente: Elaboración propia.

En la actualidad se demandan cada vez más edificaciones en las que se incluya el uso de productos naturales (González Silva, & Valbuena, 2003) y, en particular, de la tierra (Bestraten et al., 2011). Algunos argumentos que motivan este crecimiento son de carácter económico, imposibilidad de recurrir a otros materiales y motivaciones ecológicas y culturales (Rolón & Rotondaro, 2010). En este contexto, las reformas o intervenciones que se hacen en inmuebles con tierra, posibilitan que permanezca la tipología espacial de dicha construcción. Sin embargo, en ocasiones se desvirtúa la esencia tecnológica de la construcción con tierra mediante reformas incompatibles. La falta de profesionales especializados o el encarecimiento del proceso, entre otros, son factores que aumentan las dificultades de este tipo de construcción.

Por otro lado, la normativa vigente en España, el Código Técnico de la Edificación (en adelante, CTE), regula las edificaciones en España sin integrar en profundidad la construcción con tierra. De hecho, en la actualidad es difícil adaptarse a la construcción con tierra bajo este marco normativo debido a la falta de consideraciones referidas a este material. No obstante, el CTE permite la posibilidad del desarrollo de soluciones alternativas, bajo la responsabilidad del técnico proyectista y entendiéndolas como satisfactorias en el cumplimiento de las distintas prescripciones (Romero Girón, Rodríguez García, Canivell, & González Serrano, 2014).

Es cierto que se consolida la difusión de los avances sobre la construcción con tierra, aunque no siempre llega a ser suficiente para su uso adecuado. Ni el auge, ni las investigaciones, ni la conservación del patrimonio van a poder evolucionar sin un marco normativo desarrollado y controles de calidad del material y del proceso (Bestraten et al., 2011). Por tanto, aunque existe cierta conciencia de ello, se requiere una mayor sensibilización y formación para ejecutar edificaciones con tierra basadas en un diseño apropiado que solvete las limitaciones del material. Es por ello, que será necesario investigar sobre los diseños compatibles con los proyectos arquitectónicos.

1.2.2. USO DEL BLOQUE DE TIERRA EN LA CONSTRUCCIÓN

Las posibilidades de sistemas monolíticos aparejados son amplias, tal y como puede observarse en la figura 2, entre ellas, se enfatiza el BTC y el adobe. Sin embargo, el BTC y el BTE⁵, a diferencia del adobe, han sido dos de los últimos productos en añadirse a la lista de posibles sistemas constructivos elaborados con tierra.

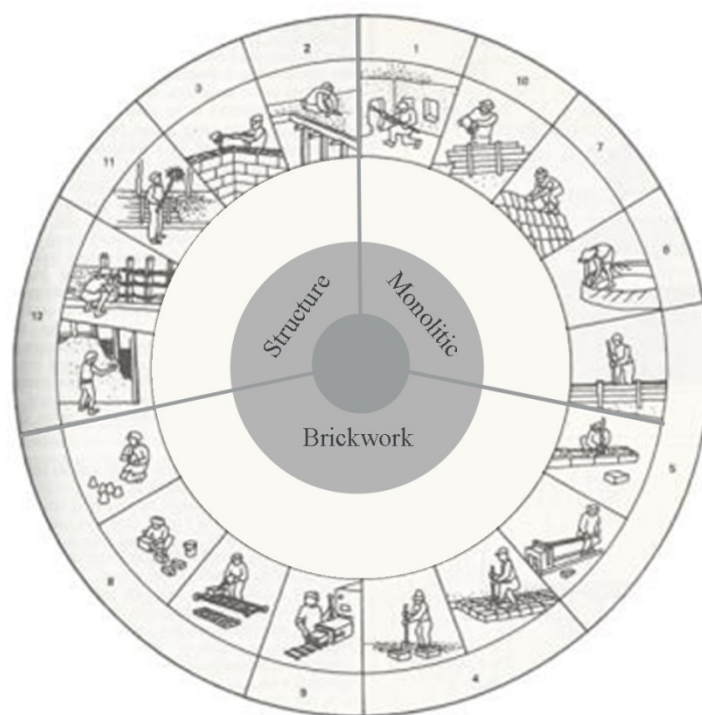


Figura 2. Clasificación de los productos con tierra. Fuente: (Houben & Guillaud, 2008).

El marco de la investigación con BT es amplio. De hecho, en los últimos años ha aumentado considerablemente su investigación y el desarrollo de tesis doctorales basadas en este producto (Barbeta Solà, 2010; Carcedo Fernández, 2012; Cid Falceto, 2012; Daniel Maskell, 2013; Mosquera Arancibia, 2013; Yuste, 2009).

Al igual que en la construcción con tierra, en la difusión del conocimiento sobre el BT existen múltiples **fuentes bibliográficas** que lo estudian desde sus características mecánicas, químicas y físicas en función del tipo de tierra hasta distintas modali-

⁵ Actualmente, debido a la situación del mercado de la construcción orientado al ladrillo cocido y el resurgir de la tierra como material de construcción, se ha desarrollado el concepto de bloque de tierra denominado **extruido** (BTE). Ello supone un nuevo campo de investigación en la búsqueda de una solución alternativa para la reutilización de la maquinaria utilizada en la realización del ladrillo cocido. (Heath et al., 2009) **Aun así, esta investigación se centra en el uso del BTC y del adobe debido a su mayor uso en España. Por ello, la denominación de BT, en adelante, será referida a estos dos tipos de bloques.**

dades de uso y definición en proyectos arquitectónicos. Los manuales de CRATERRE en 1995, 1996 y 2008, Auroville para la construcción sísmica en 2001 y 2005 y Morton para la construcción de viviendas de bajo coste en el año 2008, son algunos de los más interesantes⁶.

De manera general, en el estado del conocimiento científico sobre el BT se consolidan las investigaciones que se centran en la **caracterización y calidad del producto y los tipos de ensayos** que se realizan para ello. Morel investiga acerca de la resistencia a compresión del BTC (J.-C. Morel, Pkla, & Walker, 2007; J. C. Morel & Pkla, 2002), Buson desarrolla un estudio sobre la resistencia contra el fuego del producto con la aportación de un estabilizante determinado para el BTC (Buson, Lopes, Varum, Sposto, & Real, 2012). Otras investigaciones, como la desarrollada por Varum, construyen un modelo a escala real para caracterizar el comportamiento de la construcción ante movimientos sísmicos (Varum, Costa, Fonseca, & Furtado, 2015). También se desarrollan investigaciones que estudian el **comportamiento del BTC ante diversas acciones externas** (Kerali, 2005).

Si se profundiza en la caracterización del BT⁷, en algunas investigaciones resaltan la capacidad de **regulación de la humedad ambiental** (al resultar permeable al vapor de agua) y la **mejora de la salubridad ambiental** de las estancias conforme a las condiciones de humedad del producto (Falceto, 2012; Seisdedos, 2010). Otras cuestiones singulares se apoyan en el hecho de que la edificación resultante posee un nulo impacto ambiental en todo su ciclo de vida, desde su producción y hasta su recuperación, reutilización y reciclado de los materiales utilizados (si no tiene entre sus componentes estabilizantes como el cemento). Algunos autores, como Cid, caracterizan el BTC con respecto a la durabilidad con el agua mediante ensayos de erosión y absorción del agua. Cid concluye con los tipos de BTC comerciales que pueden ser utilizados conforme a la normativa vigente y qué ensayos son adecuados para su comprobación (Cid Falceto, 2012). También es interesante nombrar el trabajo de los investigadores Jové, Muñoz y Pahino (Jové et al. 2010), los cuales investigan sobre ensayos de erosión hídrica. Otro aspecto interesante del BT es la mayor **resistencia al congelamiento del agua** en el adobe frente al BTC debido a la diferencia en la porosidad (Minke, 2005).

⁶ En el anexo A se realiza una síntesis de las fuentes bibliográficas y recursos electrónicos.

⁷ La ampliación de los conceptos obtenidos de cada investigación formarán parte de este estudio como determinaciones constructivas. Éstas son desarrolladas en el capítulo 4.

Otros trabajos desarrollan diversas opciones con BT que aportan datos sobre el planteamiento constructivo en relación con la capacidad térmica (Díaz-Pinés, Jové Sandoval, Muñoz de la Calle, & Pahino Rodríguez, 2011; Parra-Saldivar & Batty, 2006). Estas investigaciones coinciden en la **alta inercia térmica** del material y en la **necesidad de aislamiento térmico en caso de cerramientos con BTC**. Algunos trabajos fin de máster (en adelante, TFM) (Guillén Marzal, 2015) se aproximan a dicha caracterización. Por otro lado, la tesis doctoral de Mosquera Arancibia (Mosquera Arancibia, 2013) aporta al conocimiento la caracterización del material con respecto al cumplimiento de la transmitancia térmica en el CTE.

La **variación del coste económico** de la producción del BT (tanto para el adobe como para el BTC) se determina considerando la idoneidad del tipo de suelo, tipo de estabilizantes utilizados, cantidad y dimensiones de los moldes utilizados⁸ (Adam & Agib, 2001; Zami & Lee, 2010). La aportación de uno u otro estabilizante en la mezcla proporcionará una mejora en las características del producto con respecto a la resistencia o la protección frente al agua que puede ocasionar un aumento en el coste de producción. En este sentido, son muchas las investigaciones que desarrollan estudios sobre la caracterización del BT mediante el aporte de **diversos tipos de estabilizantes y el efecto que tienen sobre el coste final** (Barbeta Solà, 2010; Guerrero Baca, Roux Gutierrez, & López, 2010; Roux Gutierrez & Olivares Santiago, 2002).

El coste energético también varía en función de si el BT ha sido realizado **in situ** o si, por el contrario, este **es trasladado** desde otro punto geográfico; también influye el tipo de maquinaria (en caso de producción in situ), entre otros factores (Maldonado Ramos et al., 2001). Otros autores relacionan el **ahorro energético en el edificio final** con el tipo de producción del BTC (Maldonado Ramos et al., 2001) y tanto los adobes como los BTC son comparados con otros materiales para tal fin (García Casals, 2003). Para ello, según indica Casals, es indispensable partir de un aprovechamiento del terreno de la obra para disminuir los costes y la energía en el transporte.

Estas cuestiones hacen que se dificulte la producción del BT y que el tipo de producción se convierta en una decisión importante en todo proyecto arquitectónico. En la actualidad aún no se ha desarrollado una herramienta que ayude a definir los costes económicos reales de la producción del BT comparando entre la

⁸ Para conocer el tipo de suelo necesario para la producción, estabilizantes y moldes ver el Anexo A, Requerimientos materiales del BT.

producción in situ o en fábrica. Esta línea de trabajo propuesta podría aportar, además, otras cualidades del BT que contrarrestasen los costes económicos: aprovechamiento del suelo, utilización de recursos naturales, energía consumida en su producción frente a otros materiales y reutilización (Deboucha & Hashim, 2011).

Diversos trabajos tienen como objeto la determinación de la **resistencia mecánica** (Cid Falceto, Fouad, Ruiz Mazarrón, & Cañas Guerrero, 2011; Juárez et al., 2010; Mas & C. Kirschbaum, 2011). Algunos indican en la comparación entre los distintos tipos de BT (Bestraten Castells & Hormias Laperal, 2012). La resistencia a compresión varía en función del tipo de suelo y tipo de compresión si se trata de BTC. De hecho, en ocasiones, el BTC podría requerir estabilización para obtener una resistencia adecuada, puesto que la capacidad aglomerante de la arcilla utilizada para su elaboración, no puede ser activada debido a que la cantidad de agua es menor respecto del adobe. En el caso del adobe, será la fibra la que aporte al producto una mayor resistencia a compresión (Saroza, Rodríguez, Menéndez, & Barroso, 2008).

Otros aspectos a tratar son las exigencias científicas de **control de calidad, normalización o estandarización de los productos de construcción que permiten el empleo del BTC** en el medio rural y urbano (Bestraten Castells & Hormias Laperal, 2013). La flexibilidad de los moldes de producción del BTC en función del fabricante hace posible que se considere como un producto de fácil empleo que permite su traslado desde el lugar de producción hasta su colocación en obra (Maldonado Ramos et al., 2001). El interés de la producción del BTC responde a las exigencias científicas de controlar la calidad de los productos desde la identificación de los materiales primarios hasta su extracción de la prensa mecánica (Rigas 1995). Por otro lado, la propia composición del BTC facilita la ejecución de sistemas constructivos variados, entre los que se hallan los arcos y las bóvedas entre otros.

Otras investigaciones fundamentan sus estudios en **la producción de BT con tierra del lugar y la caracterización de dicho suelo** hasta obtener un producto idóneo (Salvador & Gutierrez, 2010). Existen varios trabajos sobre casos de estudio de distintos suelos en los cuales se consiguen resultados diversos (González Silva, J., Valbuena, F., 2003; Jové, Hernán, & Solano, 2013). La diferencia en los resultados obtenidos se debe a que el producto **varía en función de la tierra del lugar** (Minke, 2005) y, como consecuencia, las características que se obtienen serán distintas. Este hecho repercute en que la tierra que se emplee para la producción determi-

nará las características del BT. Barbosa añade que, en general, el BTC depende del tipo de suelo, cantidad de mezcla durante el modelado, tipo de prensa (figura 3), elección del proceso de curado y el tipo y cantidad de estabilizante (coincidente en este aspecto junto con el tipo de suelo, con el adobe)(figura 4)(Barbosa, Matonne, & Mesbah, 2002). De todo ello se deduce que no siempre la tierra con la que se cuenta en el lugar de la obra es compatible con los requisitos constructivos del proyecto arquitectónico. Sin embargo, conociendo las limitaciones del material, es posible adaptar un diseño apropiado.



Figura 3. Prensa manual. Fuente: Solbloc S.L.



Figura 4. Adobes en obra. Fuente: Pedro Bel Anzue.

En base a lo expuesto, cabe considerar que el BT, tanto si se trata de BTC como adobe, es un material de construcción que resulta adecuado para cumplir los requisitos medio ambientales actuales, ya que es posible el empleo de recursos na-

turales y disponibles que proceden de la propia excavación de la edificación y la consecuente mínima transformación del medio donde se ubica, por lo que se caracteriza por su bajo coste energético, de agua y transporte.

En particular el BTC, gracias a su elevada densidad respecto a otras técnicas de construcción con tierra, constituye una mejora en la aplicabilidad de las técnicas tradicionales, consiguiendo un aumento de la resistencia a compresión, erosión y resistencia a la absorción de agua, entre otros.

En general, es necesario conocer cómo funciona el BT: sus características físicas, químicas y mecánicas, las particularidades de la técnica de construcción en tierra empleada, adoptar sistemas constructivos compatibles, adoptar sus principios de proyecto y soluciones constructivas apropiadas para la construcción con tierra, conocer las vulnerabilidades, la necesidad de cuidar la ejecución del inmueble a construir, entre otros. También, resulta necesario conocer la tierra utilizada y sus fases de producción⁹. De esta manera, mediante la realización de un diseño adecuado es posible conseguir una solución constructiva idónea para la construcción con BT.

Sin embargo, la producción y construcción con BT en la realidad parece no proliferar de manera paralela a su conocimiento científico. Algunas investigaciones relacionan este hecho con la viabilidad técnica del BTC en cuanto a las características termofísicas, ambientales, requerimientos estructurales y de durabilidad y factores económicos (García Casals, 2003). En particular para el BTC, Casals indica que la decisión de su uso depende de la disponibilidad de tierra, del tipo de maquinaria para su producción y la disponibilidad estacional (en caso de producción in situ), del volumen de la construcción a realizar, de la formación de la constructora, entre otros. Con respecto a la producción local se requieren ensayos y determinación del tipo y cantidad de estabilizantes por lo que se manifiestan dudas sobre aspectos medioambientales, económicos y sobre laboratorios que realicen los ensayos. Para esta producción se necesitan maquinaria específica que tendrá que ser adquirida o alquilada y personal que haya sido formado consecuentemente.

Son **varias las circunstancias que hacen dudar al técnico sobre el uso del mismo**: el coste de la producción del BT, la falta de datos para el cumplimiento del pro-

⁹ En el anexo A se desarrollan los requerimientos materiales para la elaboración del BT, así como, sus fases de producción.

ducto frente a la normativa vigente, la falta de formación sobre la materia, entre otros. Sobre todo, **se hace necesario aumentar la confianza del técnico hacia el material mediante la determinación de la idoneidad del uso del BT según las características del proyecto arquitectónico y de la localización del inmueble.** De esta manera, será posible evitar las soluciones constructivas incompatibles o poco apropiadas para este producto.

1.2.3. LA NORMALIZACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL BLOQUE DE TIERRA

En el recorrido normativo internacional realizado por Cid, Mazarrón y Cañas en el año 2011, se señala el BTC como la técnica constructiva con mayor presencia en el ámbito de la normativa de tierra (Brasil y África con mayor número de documentos) seguida por el adobe y la tapia. Estas normas detallan las especificaciones (características geométricas, dimensionales, de aspecto, físico-químicas, etc...) y los procedimientos de ensayo de las técnicas constructivas de tierra. Sin embargo, dichas normativas carecen de homogenización tanto para piezas como para muros monolíticos y no es posible realizar un adecuado análisis comparativo entre las diferentes técnicas de construcción existentes.

En España, la normativa referente a la tierra se encuentra en proceso de redacción. Aunque en el año 2008, AENOR publicó la norma UNE 41410:2008 denominada como *Bloques de Tierra comprimida para muros y tabiques. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo* en la que incluía la definición, especificaciones y ensayos para los BTC. En dicha norma se exponen los distintos ensayos y una breve caracterización del BTC para el uso en España. No obstante, aún no se ha desarrollado una normativa que legisle la construcción con adobe en España. Sin embargo la construcción en tierra, y en su defecto el BT, puede ser utilizada en España siempre que se garanticen las características exigibles establecidas por el CTE¹⁰ aunque para este no se contemple un documento básico específico.

En la actualidad existe un subcomité AENOR denominado AEN/CTN 41 SC10, Edificación con Tierra Cruda que se encarga de realizar todas las UNE sobre tierra cruda, se desarrollan las UNE referentes a adobe y tapia.

Para este estudio, ha sido relevante también conocer las normativas que hacen referencia a los BT¹¹. En este apartado se exponen las distintas normas y reglamentos de especial relevancia por continentes:

Desde 1996, **África** cuenta con una normativa que abarca aspectos y requisitos del BTC y morteros elaborada por la Organización Regional Africana de Normalización bajo el trabajo desarrollado por el comité W90¹² (Cid, Mazarrón, & Cañas,

¹⁰Esto se debe a que el CTE es un documento prescriptivo.

¹¹En la recopilación sobre normativa de construcción con tierra, hasta el momento, es importante la labor de los investigadores Cid, Mazarrón y Cañas (Cid et al., 2011).

¹²El comité W90: Compressed earth block technology del CIB (International Council for building research studies and documentation).

2011). Por otro lado, **Kenya** especifica características de la construcción con BTC en su norma KS 02-1070 realizada por el KEBS. **Nigeria** cuenta con una normativa denominada NIS 369:1997 desarrollada por el organismo SON en relación al BTC. También, los dos documentos específicos de **Túnez** realizados por el organismo INNORPI: NT 21.33 y NT 21.35. En dichas normas, se hace referencia a especificaciones para BTC ordinarios, sus características y clasificación (Cid Falceto et al., 2011).

En **América**, **Brasil** dispone de 13 normas (NBR) (7 para BTC) desarrolladas por la Asociación Brasileña de Normas Técnicas, ABNT, desde 1986 a 1996 vinculadas al BTC aunque ninguna al adobe. En dichas normativas se hace referencia a condiciones de recepción del material, ensayos de resistencia, procedimiento de fabricación, dimensiones y forma. **Colombia**, particularmente ICONTEC Organismo nacional de normalización, realiza la NTC 5324 similar a la Normativa francesa XP P13-901 relativa a bloques macizos de suelo-cemento para muros y divisiones (ICONTEC, 2005). Este país tampoco ha desarrollado ninguna normativa para el adobe. Por otro lado, **EEUU** tiene dos normativas referentes al uso del BT (tanto para BTC como para adobe). Una de ellas es la ASTM E2392 M-10 (para adobe) y la otra, NMAC 14.7.4 (ASTM E2392-10 Earthen walls, 2010) para BTC y adobe. En **Perú** se encuentra la normativa NTE E 080 realizada en el año 2000 por el organismo SENCICO para adobe, así como las tres normas NTP ejecutadas por INDECOPI.

En **Asia**, en concreto en la **India**, el organismo regulador es el BIS, Bureau of Indian Standards, el cual recoge dos normativas relativas a BTC y adobe. La normativa IS 1725:1982 describe requisitos y ensayos para el uso del BTC en construcción. La IS 13827:1993, indica directrices para la mejora de la resistencia sísmica de los edificios realizados con adobe y tapial. Por otro lado, en **Sri Lanka** las normas existentes son las SLS 1382-1, 1382-2, 1382-3, que indican requerimientos, métodos de ensayos y guía sobre producción, diseño y construcción con BTC.

Con respecto a **Australia**, no se dispone de normas técnicas, pero sí documentos: Bulletin 5 en 1952, revisado en años posteriores, el documento realizado por la EBAA y la EBANZ en 2001 y por último, el manual de tierra australiano HB 195 en 2002 publicado por el Organismo Nacional de Normalización sin tener carácter oficial (Peter Walker, 2001).

Por último, en **Europa**, se hace especial referencia a las recomendaciones técnicas denominadas como Lehmbau Regeln desarrollado en **Alemania** para el fomento de la construcción con tierra (Lehm, 2014). Por otro lado, en **Italia** se gene-

ran normativas, que sin ser específicas del BT, contemplan la conservación del patrimonio realizado con tierra tanto para el adobe como para el BTC. En **Francia**, se señala la normativa XP P13-901. Esta normativa hace referencia a terminología, dimensiones y metodología de ensayo para el BTC. Además, **Suiza** dispone de 3 documentos normativos que tratan de las técnicas y métodos de tierra, propiedades y ejemplos de construcción. Así mismo, las normas TS 537, 2514 y 2515 de **Turquía** hacen referencia al adobe como único elemento constructivo (Cid et al., 2011).

En general, al igual que en la normativa española, las normativas descritas para BT tienden a ser normas de producto y, en ocasiones, se amplía el contenido a procedimientos de ensayo (Cid et al., 2011) siendo el BTC, el producto con más normativas. Sin embargo, es necesario resaltar la normativa neozelandesa NZS, porque desarrolla varios productos, ensayos y procesos de construcción para varios tipos de sistemas con tierra cruda ("NZS 4297 (1998): Engineering design of earth buildings," 1998, "NZS 4298 (1998): Materials and workmanship for earth buildings," 1998, "NZS 4299 (1998): Engineering design not requiring specific design," 1998).

Al igual que en la revisión de los estudios, la normalización prolifera en Europa, América y África. Así mismo, cabe señalar la participación de las entidades y grupos de investigación, como es el caso de CRATERRE, en la elaboración de la normativa. Esto ha sido llevado a cabo en las normas ARSO en África y en España, para la elaboración de la UNE 41410:2008 con la Escuela de Ingenieros Agrícolas en Madrid.

Sin embargo, hay que incidir que en España se hace necesario continuar con la intensificación del estudio sobre el BT para solventar el desconocimiento entre los agentes que intervienen en la construcción con BT. También se hace necesario **desarrollar otros aspectos constructivos sobre el uso del BT en España de los cuales la normativa actual carece.**

1.2.4. INDICADORES

La palabra indicador proviene del latín *indicare* que significa indicar, mostrar una cosa con indicios y señales. Así se apunta también la definición de indicador como “*medida de la parte observable de un fenómeno que permite valorar otra porción no observable de dicho fenómeno*” (Chevalier et al., 1992).

Los indicadores son utilizados para diversos campos de estudio: la producción científica, factores económicos, tendencias de mercado, etc. En cada campo aportan que los elementos sean **medibles** desde el punto de vista **cuantitativo** o cualitativo. Todo ello, ofrecerá información relevante sobre lo medido. Es por ello que los indicadores permiten *evaluar, diagnosticar, comparar o monitorizar* (García Martínez, 2010).

En el campo de estudio de la sostenibilidad existe cierta experiencia en los últimos años. De hecho, existen algunas organizaciones pioneras en el desarrollo de indicadores ambientales. La OCDE (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico) en 1991 publicó la primera el primer conjunto de indicadores denominados como *Environmental indicators. A preliminary set* en París. En 1993, la OCDE publica *Core Set of Environmental indicators*. Por otro lado, el Departamento de Coordinación de política y desarrollo sostenible del Secretariado de la ONU y la División de Estadísticas de la ONU (UNSD) ayudó en una iniciativa para coordinar un número de actividades dentro del “*Programa de trabajo en indicadores de Desarrollo Sostenible*”. A nivel nacional, el Ministerio de Medio Ambiente publica en 1996 una monografía de “*Indicadores ambientales. Una propuesta para España*”.

Por lo que se refiere a Andalucía, hay algunos documentos publicados que tratan el tema, por ejemplo la *Propuesta de sistemas de indicadores climáticos ambientales para Andalucía* (Pita Lopez, Aguilar Alba, & Camarillo Naranjo, 1998). Los indicadores ambientales estudiados en dicha propuesta hacen alusión a epígrafes como la atmósfera, los problemas ambientales como el cambio climático, la contaminación del aire, el agotamiento de la capa de ozono, la acidificación, entre otros. Sin embargo, la clasificación, su desarrollo y relación entre ellos, aportan en esta investigación conocimientos sobre el procedimiento.

También se matiza y es interesante el trabajo *Indicadores de sostenibilidad y medio ambiente: métodos y escala* (Fernández Latorre, 2006). En este documento se

definen los tipos de indicadores ambientales, de sostenibilidad, su situación actual y consideraciones para el diseño de indicadores.

Particularmente, en el campo de la arquitectura y urbanismo, se aportan ejemplos desarrollados como el *Plan Especial de Indicadores de Sostenibilidad Ambiental de la Actividad Urbanística de Sevilla* en el que se establecen un conjunto de indicadores que condicionan el proceso de planificación urbanística de Sevilla siguiendo el modelo de ciudad compacta en su organización, entre otros (Rueda, 2006). Estos son utilizados para medir las distintas propuestas que se desarrollen y conocer la viabilidad de las mismas.

Por último, se han analizado distintas tesis doctorales que promueven el uso de indicadores. En primer lugar, la tesis doctoral *Análisis del Ciclo de Vida de Edificios. Propuesta metodológica para la elaboración de Declaraciones Ambientales de Viviendas en Andalucía* (García Martínez, 2010). Dicho trabajo contribuye al desarrollo de un marco en el que se compara el comportamiento medioambiental de alternativas en el campo de la construcción mediante la realización de declaraciones medioambientales tipo III. Además, establece opciones metodológicas para la realización del análisis del ciclo de vida del edificio. Por otro lado, en el marco del proyecto de investigación del Plan Nacional se desarrolla el proyecto BIA 2004-7654 donde se lleva a cabo un modelo de intervención para construcciones, infraestructuras y su entorno, desde criterios de sostenibilidad. En él se exponen resultados obtenidos sobre la aplicabilidad de indicadores y consideraciones para su selección (García Navarro, Maestro Martínez, Huete Fuertes, & García Martínez, 2009).

En la construcción con tierra se desconoce la existencia de referencias bibliográficas que hagan alusión a la evaluación del uso de BT mediante indicadores. Su utilización podría ser considerada como un método de evaluación idóneo que permitirá cuantificar las características del proyecto arquitectónico y la localización frente a determinaciones constructivas idóneas para este producto.

Capítulo 2

Objetivos y metodología

En este capítulo se muestran los objetivos y la metodología de este trabajo de investigación.

2.1. Objetivos	39
2.2. Metodología.....	40

2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

2.1. OBJETIVOS

Los objetivos generales que se pretenden alcanzar son:

1. Elaborar una **herramienta sencilla y versátil para evaluar la viabilidad constructiva del uso del BT** previa y durante el diseño arquitectónico y ayudar en la toma de decisiones en caso de obra nueva.
2. Desarrollar una **propuesta de soluciones constructivas para BT** que sirvan de apoyo para el cumplimiento de sus exigencias constructivas.

Para conseguir los objetivos generales, se concretarán y desarrollarán los siguientes **objetivos específicos**:

1. Desarrollar **indicadores** que evalúen la viabilidad constructiva del uso del BT en el cerramiento.
2. A partir de la información que se dispone en el proyecto arquitectónico evaluar la **calidad y características del producto** según lo establecido en la UNE 41410:2008.
3. Establecer **requisitos constructivos** relevantes de la construcción con BT según algunos requisitos básicos de la Ley de Ordenación de la Edificación (en adelante LOE) (Ministerio de Fomento, 1999).
4. Determinar las **acciones externas**, tanto mecánicas, físicas como químicas, que influyen en la durabilidad de los cerramientos realizados con BT.
5. Realizar un **inventario de la arquitectura construida con BT en España** desde la elaboración de la LOE, del producto utilizado y de las soluciones técnicas desarrolladas en dichos inmuebles y de los agentes de la edificación que han intervenido en ellos.
6. **Comprobar y perfeccionar la herramienta** establecida en casos de estudio seleccionados del inventario.
7. **Aplicar y justificar la validez de la herramienta** en el caso de la Escuela Infantil de Santa Eulalia de Ronçana (Barcelona).

2.2. METODOLOGÍA

Para alcanzar los objetivos propuestos, este estudio se realiza según las siguientes fases (figura 5):

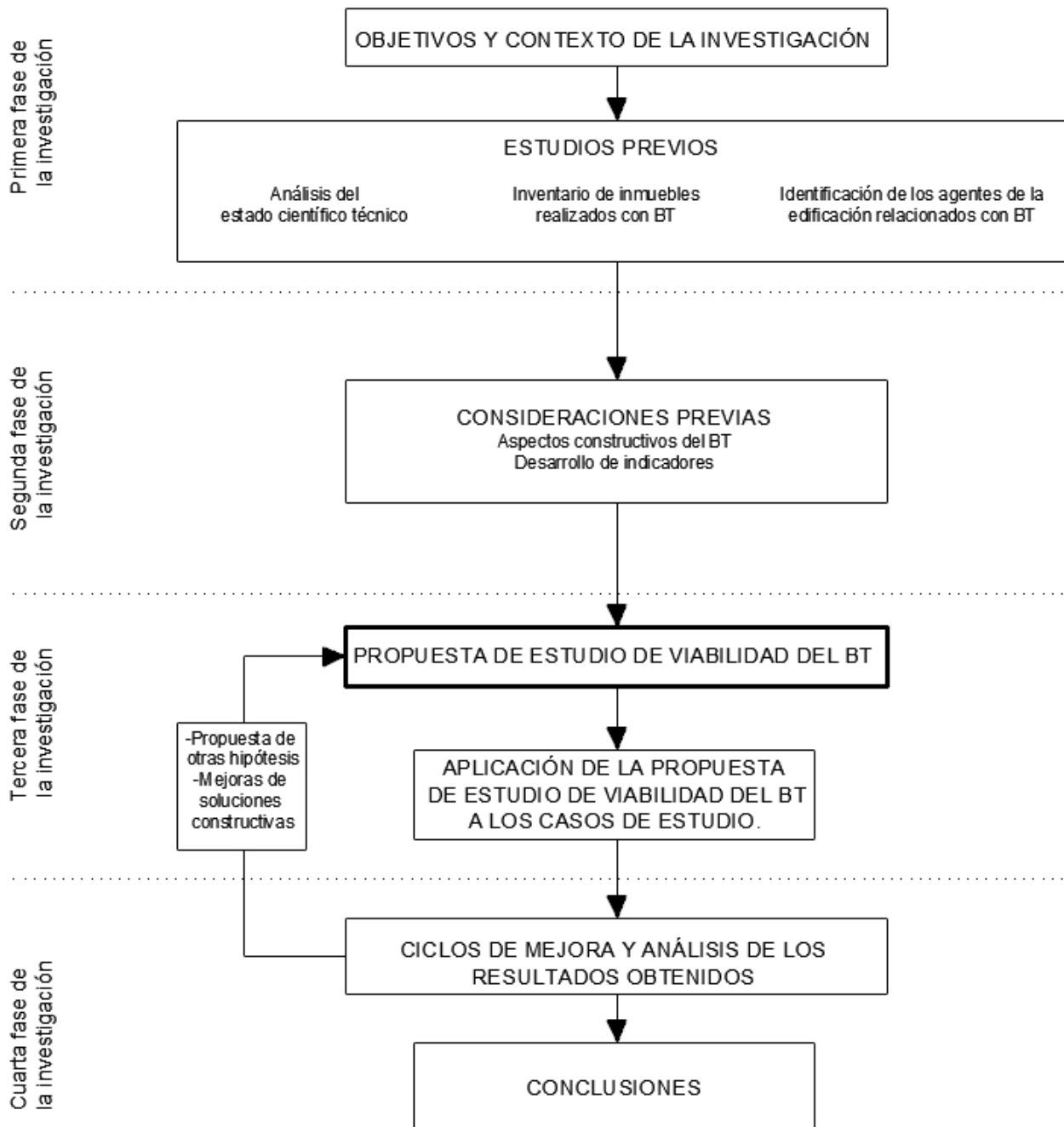


Figura 5. Metodología. Fuente: Elaboración propia.

Estas fases se desarrollan de la siguiente manera:

Fase I. Estudios previos

Constituye la **fase I** de la investigación y consiste en el análisis de los inmuebles realizados con BT, de los agentes que participan en su producción y de la ejecución de dichos inmuebles. Además, se incluye el conocimiento del uso de los indicadores para esta investigación:

- a) Se realiza un **inventario de inmuebles hechos con BT** y sujetos a la LOE (desde el año 1999). Con ello se pretende determinar y conocer cómo se efectuó su proyecto y su construcción. Se acotan en función del uso, su localización y el tipo de BT utilizado. Una vez localizados, se visitan y se analizan para identificar sus **características constructivas**. Con ello se establecen las diferentes problemáticas y determinaciones comunes llevadas a cabo en casos de estudio reales. Estos aspectos se analizan en el Capítulo 3.
- b) De manera paralela, se realiza **una identificación de los agentes de la edificación** relacionados con la tierra y en particular, con el BT. Se parte de los datos obtenidos en la búsqueda de información del apartado anterior. Esta identificación se realizará en el Capítulo 3.

Fase II. Aspectos constructivos del BT y desarrollo de indicadores.

- a) Se realiza la clasificación y **determinación de aspectos constructivos basados en la durabilidad del BT**¹³ y se propone que sean entendidos como conceptos básicos previos a la utilización del EVC a desarrollar. Estos aspectos se clasifican en función de la calidad del producto, los requisitos constructivos y las acciones externas que le afectan. Las determinaciones constructivas que se desarrollan se obtienen de los datos aportados en la fase I, es decir, de los resultados obtenidos en el conocimiento científico y de las soluciones constructivas analizadas y que son adecuadas de los casos de estudio.
- b) Se desarrollan **indicadores** cuantitativos estructurados según las determinaciones constructivas descritas con anterioridad. Además, se justifica la necesidad de la configuración de una herramienta de evaluación

¹³ Dado que este trabajo se centra en la viabilidad constructiva, en futuras investigaciones se propone el desarrollo de la herramienta que podría estar basada en aspectos productivos, económicos o sociales.

que responda a los objetivos marcados. Para ello, los indicadores formarán parte del Estudio de viabilidad constructiva. Esta fase se desarrolla en el Capítulo 4.

Fase III. Propuesta del estudio de viabilidad constructiva para el uso del BT.

Se propone una herramienta para evaluar la viabilidad constructiva del uso del BT en un proyecto arquitectónico y para una localización, a partir de las determinaciones y los indicadores analizados en las fases anteriores.

Desde los conocimientos obtenidos en la fase anterior, **se propone un Estudio de Viabilidad Constructiva (en adelante, EVC) basado en la estructura de indicadores desarrollada en la fase II.** Dichos indicadores se evalúan de acuerdo a las apreciaciones de expertos externos de reconocido prestigio, por las que se obtienen unos coeficientes de ponderación¹⁴ que relacionan cada indicador con el ámbito de trabajo. Finalmente, se obtiene un grado de idoneidad del BT en el proyecto arquitectónico según la localización establecida. Esta propuesta se desarrollará en el Capítulo 5 (Estudio de Viabilidad Constructiva). Además, se proponen posibles recomendaciones y soluciones constructivas. El procedimiento se diseña y aplica en los casos de estudio que fueron descritos y analizados en la fase I.

Fase IV. Ciclos de mejora y resultados.

En esta fase, en primer lugar se evalúan los resultados preliminares del EVC basados en los casos de estudio de la fase I. A continuación se realizan ciclos de mejora donde se ajustan los parámetros tanto de los indicadores como del EVC con la finalidad de obtener un comportamiento idóneo de la herramienta.

Se validará la aplicación a un caso de estudio de manera completa (Capítulo 6) y casos hipotéticos a partir del mismo. Finalmente, con el diseño mejorado y validado de la herramienta, se evaluarán los casos de estudio (Capítulo 7).

¹⁴Para la representación matemática y su interpretación se ha contado con el asesoramiento de la profesora titular del Departamento de Matemática Aplicada I de la Escuela de Arquitectura de Sevilla, Dña. Encarnación Abajo Casado. El objetivo era alcanzar una representación gráfica y analítica de los datos para la toma de decisiones final sobre la viabilidad.

Capítulo 3

Inventario de arquitectura construida con bloque de tierra. Casos de estudio.

En este capítulo se analizan distintos casos de estudio elaborados con BT y adobe en España. Para ello, en primer lugar se muestra el procedimiento para la obtención de datos. A continuación se analizan los datos obtenidos de los distintos inmuebles hallados y sus agentes de la edificación. Se comparan con la normativa vigente y se analizan las soluciones constructivas más comunes.

3.1. Aspectos iniciales.....	45
3.2. Procedimiento para la obtención de datos.....	47
3.3. Parámetros analizados según las categorías de los agentes de la edificación.....	53
3.4. Aproximación al inventario de inmuebles y sus agentes	59
3.4.1. Inventario	59
3.4.2. Los agentes de la edificación.....	63
3.5. El bloque de tierra en el Código Técnico de la Edificación	74
3.6. Análisis de soluciones constructivas empleadas en España	89

3. INVENTARIO DE ARQUITECTURA CONSTRUIDA CON BLOQUE DE TIERRA. CASOS DE ESTUDIO.

3.1. ASPECTOS INICIALES

En este capítulo se realiza un análisis de la construcción con BT en España, para ello el primer paso ha sido la localización de aquellas personas que participan en el proceso productivo; esta red se configura a partir de diversos agentes de la edificación y de inmuebles realizados con BT a nivel nacional. Los datos obtenidos ayudarán a conocer las soluciones constructivas más comunes. Además se realizará una selección de los inmuebles localizados construidos (esto será denominado como **inventario**) que servirán de casos de estudio (figura 6) y aporte de datos para la propuesta del EVC que se desarrollará en este trabajo.



Figura 6. Encuadre de los casos de estudio en el procedimiento. Fuente: Elaboración propia.

Los datos finales obtenidos a partir de las soluciones constructivas llevadas a cabo en los inmuebles, han aportado conocimientos sobre diversos aspectos que derivarán en las soluciones posibles a adoptar. Dicha información, convenientemente estructurada, ha servido para aclarar aspectos teóricos del producto que podrán mejorar los condicionantes de los procesos constructivos mediante la información de la que se dispone.

Uno de los puntos de partida lo constituyen los **autores de las fuentes bibliográficas** consultadas y por ello, son de especial relevancia en este apartado. De hecho, dichos autores son la fuente primaria desde la cual se articula la primera fase de la investigación y la **red de datos de contactos** sobre agentes de la edificación que configura este análisis.

La red, junto con otros trabajos de campo propios y su correspondiente análisis de datos, posibilita llevar a cabo una **aproximación al inventario de inmuebles** realizados con cerramientos de BT y que han sido ejecutados desde la entrada en vigor de la LOE en España.

En concreto, esta descripción se ha dividido en dos partes entrelazadas (figura 7):

- Aproximación a la localización de inmuebles realizados con BT en España en cerramientos y/o particiones.
- Búsqueda y composición de la red de contactos de agentes de la edificación relacionados con la construcción con BT en España.

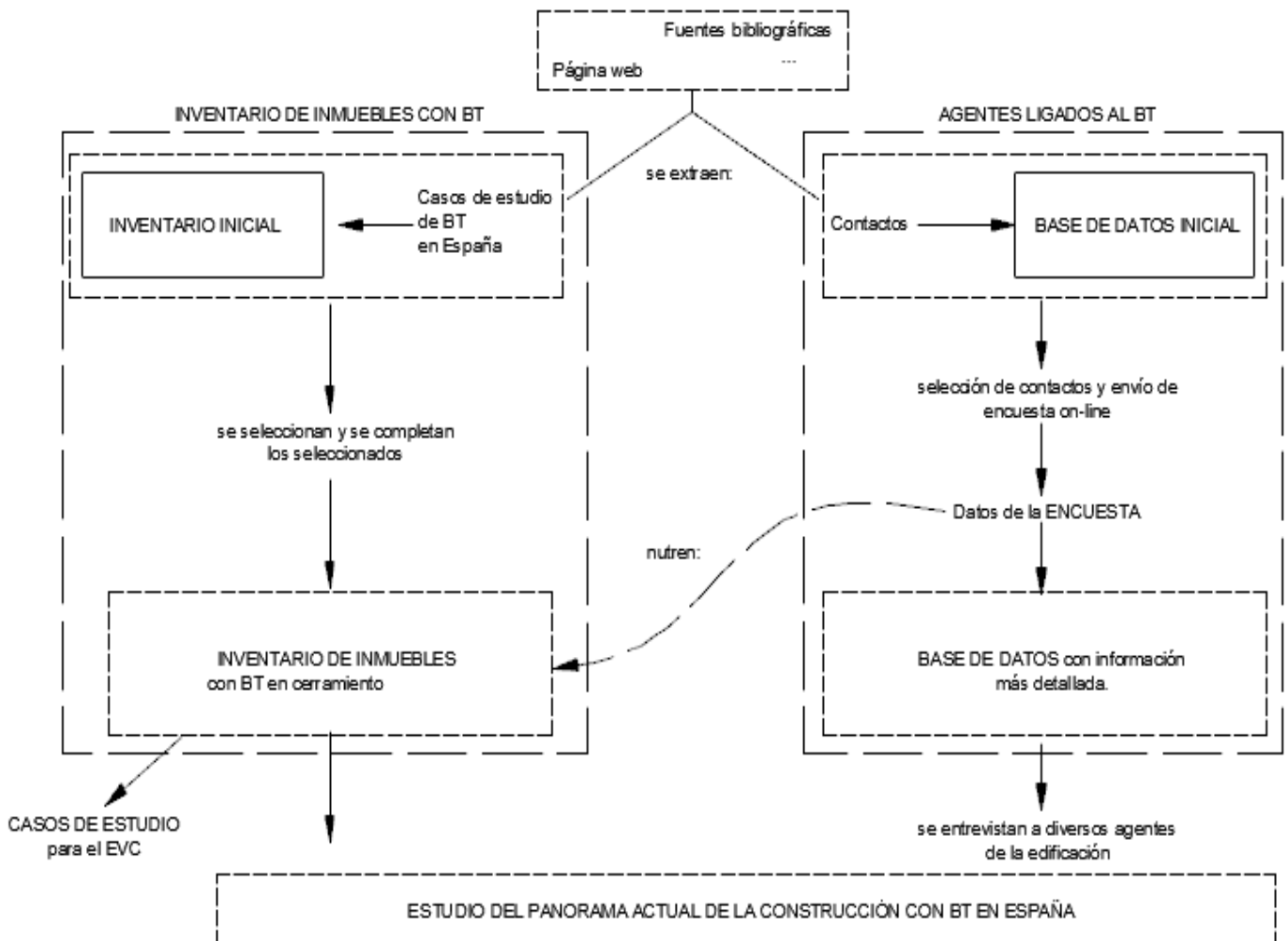


Figura 7. Esquema del procedimiento de análisis de agentes e inmuebles relacionados con el BT.
Fuente: Elaboración propia.

3.2. PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS

El análisis sobre los agentes de la edificación e inmuebles se inicia mediante la búsqueda de información en múltiples fuentes bibliográficas (Bestraten Castells & Hormias Laperal, 2012; Jiménez & Cañas, 2006; Pacheco-Torgal & Jalali, 2012; Zami & Lee, 2010). Fueron objeto de estudio todas las personas vinculadas con la producción del BT: redactores de proyectos arquitectónicos, directores de obra y ejecución, empresas constructoras y diversos investigadores que estuvieran relacionados con la producción o ejecución de inmuebles con BT.

De forma paralela a esta recopilación de datos se ha llevado a cabo **una búsqueda de cerramientos ejecutados con BT**. Cuya finalidad es realizar una aproximación al inventario de estos tipos de inmuebles e identificar características constructivas, en definitiva, obtener experiencias para exponer una relación de valoraciones sobre el uso del BT.

Las directrices para la selección de los inmuebles se basó en aquellos edificios que hubieran sido realizados con la vigencia de la LOE¹⁵ (Ministerio de Fomento, 1999) desde su puesta en vigor hasta la actualidad. En este contexto, se analizarán los inmuebles dentro del ámbito nacional que puedan ser visitados.

Con estas premisas, en primer lugar se identificaron por un lado, los inmuebles relacionados con los agentes de la edificación¹⁶ encuestados y también los inmue-

¹⁵ La Directiva 85/384/CEE de la Unión Europea incide en la calidad de los edificios y por tanto, profundiza en la seguridad estructural, protección contra incendios, bienestar de las personas, protección contra el ruido, el aislamiento térmico o la accesibilidad para las personas con movilidad reducida. La LOE responde a los principios de esta Directiva dándole continuidad, también, a la Ley 6/1998 sobre el régimen del suelo y valoraciones y ordenando la construcción de los edificios. Así mismo, evita la discrepancia entre la legislación y la realidad de por aquel entonces y establece un marco general en el que pueda fomentarse la calidad de los edificios. Esta ley agrupa y define los distintos agentes que participan en el proceso de la edificación. Por todo ello, se considera que dado que la LOE supone un punto de partida de la definición de la calidad en la construcción, el análisis de los inmuebles construidos con BT en España se propone desde la entrada en vigor de la misma.

¹⁶Según la LOE, "son agentes de la edificación todas las personas, físicas o jurídicas, que intervienen en el proceso de la edificación. Sus obligaciones vendrán determinadas por lo dispuesto en esta Ley y demás disposiciones que sean de aplicación y por el contrato que origina su intervención". Estos son:

- el promotor
- el proyectista
- el constructor
- el director de obra
- el director de ejecución de la obra
- las entidades y laboratorios de control de calidad
- el suministrador de productos
- el propietario

bles tratados en las fuentes bibliográficas. Dicha información se reunió en un **inventario** donde se identificaban las siguientes características de los inmuebles:

- Uso
- Localización
- Año de construcción
- Agentes de la edificación intervinientes
- Ubicación del BT en el inmueble
- Entidad de control, laboratorio o investigación llevada a cabo sobre el producto y/o el inmueble.

Una vez recopilada la información sobre diversos inmuebles realizados en el ámbito geográfico español, **se seleccionaron en función de su relevancia y fueron objeto de trabajo de campo.**

Para la recogida de información y toma de datos in situ de los modelos visitados, se utilizaron **unas fichas de campo** que ayudarían a registrar todos los aspectos relevantes sobre el inmueble. Estas fichas de campo contienen aspectos específicos de este estudio necesario para describir el inmueble, determinar sus características según la normativa y la localización, definir características en dichos inmuebles y conocer la satisfacción de los propietarios.

Las fichas de campo debían plasmar la máxima información posible acerca del uso del BT y las razones acerca de los materiales utilizados entre otras cuestiones. Lógicamente, las encuestas realizadas on line y las fichas de campo comparten cierta información aunque las fichas resultan ser más concretas en cuanto a la información del inmueble que describen. Sin embargo, las encuestas on line consideran información de carácter general sobre el uso del BT por parte del agente de la edificación (figura 8).


Andalucía - ALM-001 - Vivienda unifamiliar aislada				
Tipo de bloque	Bloque de tierra con cáñamo.			
Dirección	Cortijo del Hornillo, 04116			
Ciudad/Provincia	Sierra de Gador - Almería. Parque natural Cabo de Gata.			
País	España			
Datos básicos de la edificación				
Años de Construcción	2010	Observaciones	Superficie 302 m2 y útiles, 223 m2.	
Ocupación	Pública	Privada	Sin uso	Con uso
Tipología arquitectónica	Defensiva	Religiosa	Residencial	Otros: Alojamiento turístico
Datos del entorno y parcela				
Altura localidad	Altura Nivel Freático	Vegetación	Acerado	Servidumbres de paso
No se encuentran accidentes geográficos pronunciados en el entorno.	Desconocido. Ubicación en zona desértica.	Sin vegetación cercana.	Si	Se desconocen, el edificio se encuentra aislado.
Agentes de la edificación				
Fabricante	Nombre	Cannabric		
Proyectista	Nombre y Apellidos	Almudena Mateo-Sagasta		
	Profesión	Arquitecta		
Dirección de Obra	Nombre y Apellidos	Pedro Romero		
	Profesión	Aparejador		
Constructora	Nombre	Construcciones Manuel Redondo S.L.		
	Dirección Empresa	-		
Promotor	Nombre y Apellidos	Propietarios		
Control de la obra	Nombre	-		
Uso del BT en el modelo				
Tipo	Ceramiento	Estructura	Partición interior	Otro
Coste del BT	http://www.cannabric.com/media/documentos/b8305_tarifa_parcial_01_bloques_y_piezas.pdf			
FASE PROYECTO				
Razon Uso BT	Sugerencia del cliente	Cualidades	Disponibilidad	Valores ambientales
Ventaja empleo BT	Mejora térmica	Reducción de costes	Reducción de residuos	Ns/No
Observaciones				
FASE OBRA				
Inconvenientes del empleo	Incremento de costes	Pérdida de calidad final	Disminución de la salubridad	Dificultad de puesta en obra
Observaciones				
FASE FINAL				
Nivel de satisfacción por cada agente de la edificación (D=Deficiente; A= Aceptable; O=Óptimo; NS= No sabe o no contesta)				
Agentes	Cliente	Proyectista	Dirección facultativa	Constructora
Definición del BT en proyecto	D A O NS	D A O NS	D A O NS	D A O NS
Cumplimiento del BT con respecto a la	D A O NS	D A O NS	D A O NS	D A O NS

Figura 8. Ficha de campo. Fuente: Elaboración propia.

Los datos que se aportan en las fichas de campo¹⁷ son las siguientes:

- Datos básicos de la edificación.

¹⁷ Para la lectura de las fichas de campo es necesario consultar el anexo B. Las fichas de cada caso de estudio e posible que no contenga toda la información. Esto es debido a que la información que se ha obtenido en todo el proceso puede no estar completa por diversos motivos.

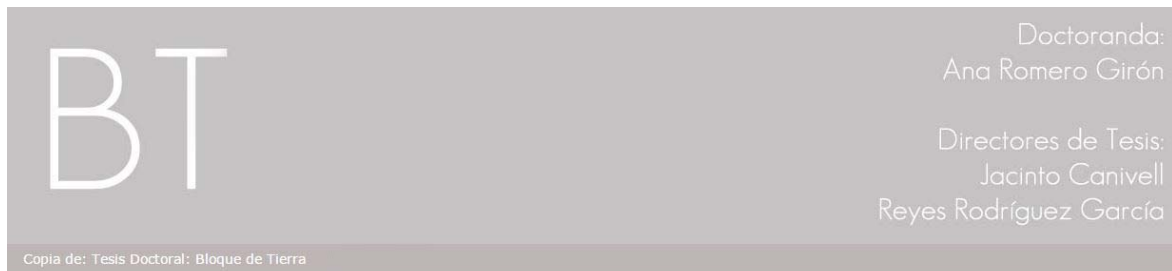
- Código¹⁸.
- Datos del entorno y parcela.
- Agentes de la edificación intervinientes.
- Uso del BT en el inmueble (razón del uso, ventajas e inconvenientes).
- Documentación que define el BT utilizado.
- Aspectos documentales de proyecto y puesta en obra.
- Normativas o guías utilizadas.
- Datos básicos para el cumplimiento del CTE.
- Datos de la fabricación del BT y transporte.
- Diferencias entre el proyecto y la puesta en obra.
- Observaciones acerca de las características del inmueble.
- Fotografías del inmueble y extractos de los proyectos de ejecución.

También, se analizaron los agentes de la edificación que participaban en los distintos inmuebles. Al encontrarse un número elevado de posibilidades, la toma de datos inicial se realiza mediante el uso de herramientas informáticas que se enumeran y filtran, permitiendo la organización de la información recopilada. En este caso, la red de contactos se ha configurado con el uso de hojas de cálculo.

Los agentes han sido clasificados según la organización a la que pertenecen y la actividad que desempeñan relacionada con el BT. Con ello se forma una base de datos que se completará conforme avanza la investigación y que constituye un elemento importante de este trabajo de investigación.

Una vez conocidos los agentes, se procede a la **selección de las personas de especial interés** que pudiesen aportar información relevante para la investigación. Para ello, se diseñó una encuesta online cuyos resultados sirvieron para ir completando la base de datos en el apartado de intervinientes (figura 9).

¹⁸ El código con el que se designan los casos de estudio se relacionan con la provincia en la que se encuentran y un número de referencia. Ejemplo: ALM-001 será un inmueble ubicado en Almería y su número de referencia es el 001. Los siguientes casos de estudio en ALM tendrán números correlativos a 001.



1.- Datos profesionales

En esta página deberá introducir los datos relacionados con los aspectos profesionales

*1. Nombre y apellidos de la persona encuestada:

*2. Email:

3. Ciudad en la que reside:

*4. Institución a la que pertenece (indicar si pertenece a más de una):

- Empresa (Fabricación/puesta en obra...)
- Asociación relacionada con la construcción
- Laboratorio
- Institución docente (Universidad, formación profesional...)
- Dirección Facultativa (Arquitecto, ingeniero...)
- NS/NC
- Otro (Por favor especifique)

5. Nombre de la Institución (si pertenece a más de una, nombres separados por comas):

EJEMPLO: Universidad de Sevilla, Arquitectura S.L.

6. Actividades que realiza (indique si desarrolla más de una):

- Formación

Figura 9. Encuesta on line. Fuente: Elaboración propia.

La encuesta se estructuró en base a la clasificación de los agentes de la edificación establecidos en la LOE¹⁹ además de 3 apartados incluidos relacionados con los datos profesionales, la formación y el grado de satisfacción. Los apartados que se recogen son los siguientes:

1. Datos profesionales de los agentes de la edificación (dirigida a todos los agentes de la edificación).
2. Formación (dirigida a todos los agentes de la edificación).
3. Fabricación (dirigida a los suministradores del producto, que a partir de ahora serán denominados como fabricantes).

¹⁹ Cabe destacar que de los 8 tipos de agentes de la edificación indicados en la LOE para la encuesta on-line se han obviado: el promotor, el propietario y las entidades de control o laboratorio. Esto es debido a que en la mayor parte de los casos el promotor es el propietario ya que se tratan de edificaciones de autoconstrucción y éste será encuestado con las visitas personalizadas a los inmuebles. Por otro lado, las entidades de control halladas están ligadas a los grupos de investigación de las universidades.

4. Proyectista (dirigida a los técnicos proyectistas).
5. Ejecución y puesta en obra (dirigida a las constructoras).
6. Dirección de obra (dirigida a los directores de obra (DO) y directores de ejecución de obra (DEO)).
7. Grado de satisfacción (dirigida a todos los agentes de la edificación encuestados).

En el apartado 1 de la encuesta, *Datos profesionales*, se indican los datos personales, actividades que realiza y la institución a la que pertenece el agente. Esta primera página derivaba en las siguientes, en función de las opciones señaladas acerca de las actividades que realiza el agente.

Cada categoría de agente se desarrolla desde el apartado 2 (*Formación*), al 6 (*Dirección de obra y de ejecución*). En cada apartado se detallan cuestiones sobre el desempeño de la actividad, características y obras realizadas, dirigidas o construidas con BT.

Por último, en el apartado 7 se registra el grado de satisfacción actual sobre el empleo del BT y sus expectativas para el futuro de los distintos agentes.

Los datos obtenidos en la encuesta son incluidos en la base de datos mediante la cual es posible la consulta y filtrado. La encuesta se ha dividido según la responsabilidad de los distintos agentes de la edificación y su papel fundamental en la construcción²⁰.

²⁰Las preguntas realizadas en la encuesta pueden consultarse en los anexos.

3.3 PARÁMETROS ANALIZADOS SEGÚN LAS CATEGORÍAS DE LOS AGENTES DE LA EDIFICACIÓN

Como se indicaba con anterioridad, la encuesta se divide en función de la actividad realizada por el agente. En base a ello cada apartado²¹ contiene:

1. Datos profesionales de los agentes de la edificación (dirigida a todos los agentes de la edificación).

En el primer apartado de la encuesta se les ha preguntado acerca de sus datos profesionales, la institución a la que pertenece y la actividad que realiza en la misma. Este apartado será obligatorio rellenarlo para obtener la información de cada agente.

2. Formación (dirigida a todos los agentes de la edificación).

En este apartado, los agentes han sido encuestados por la formación que han recibido y si imparten cualquier tipo de enseñanza relacionada con la construcción en tierra.

Los apartados siguientes han sido completados en función de la actividad que realiza cada agente de la edificación:

3. Fabricación (dirigido a los fabricantes).

Se incluyen las empresas encuestadas que dirigen su actividad a la producción y/o comercio del BT como producto. Algunas de ellas se especializan en BTC o en ambos productos (adobe y BTC). En España, en la actualidad, se desconoce la existencia de empresas que fabriquen BTE.

El apartado se centra en la **documentación sobre el producto disponible**. El CTE propone una serie de documentos a los distintos fabricantes para la correcta definición de los productos elaborados. Estos se resumen y se referencian en la tabla siguiente (tabla 1):

²¹ La encuesta on line se desarrolla en su totalidad en el anexo del presente trabajo.

Tabla 1. Código Técnico de la edificación. Fuente: (Ministerio de Fomento, 2007b; Romero Girón et al., 2014). Elaboración propia.

Artículos del CTE		Documento exigibles al producto según CTE
Parte I Art. 4	Disposiciones generales	Certificado de conformidad Prestaciones finales Evaluaciones técnicas
Parte I Art. 5	Condiciones generales para el cumplimiento del CTE. Justificación del cumplimiento de las exigencias básicas que se establecen en el CTE.	Soluciones técnicas basadas en los documentos básicos del CTE. Soluciones alternativas que se justifiquen y sean equivalentes a los que se obtendrían por la aplicación del DB. Marcado CE del producto.
Parte I Art.7	Condiciones en la ejecución de las obras. Recepción de productos y satisfacción de lo exigido en proyecto	Documentación de suministros Distintivos de calidad Evaluaciones técnicas de idoneidad Control mediante ensayos

La primera cuestión planteada a las empresas suministradoras ha sido en relación con la existencia de los documentos que son exigibles por el CTE para sus productos, así como su correspondiente ficha técnica.

En este sentido debe ser considerada la importancia de la presentación por parte de las empresas de aquellos documentos exigidos por la normativa actual. Ello puede incidir en la comodidad y mejora en el cumplimiento del BT en las justificaciones en los proyectos arquitectónicos. En su caso, era interesante **aclara las razones por las que no habían desarrollado alguno de los documentos exigidos en normativa.**

Como segunda cuestión ha sido objeto de estudio el desarrollo de los **aspectos que el CTE exige** a las empresas. Es decir, si había sido certificada o declarada alguna de las exigencias básicas de la normativa como las siguientes:

- Seguridad Estructural
- Seguridad contra incendios
- Salubridad
- Ahorro de energía
- Protección contra el ruido

4. **Proyectista** (dirigida a los técnicos proyectistas).

Este apartado ha sido cumplimentado por los agentes de la edificación que se dedican a proyectar y redactar los proyectos arquitectónicos. El proyectista o técnico redactor junto con la dirección facultativa²² (en adelante, DF), son quienes asumen las responsabilidades de la definición y ejecución del BT en el proyecto arquitectónico. Ha sido de especial relevancia que enumerasen las distintas obras que habían realizado con BT ya que en base a ellas, eran encuestados.

En primer lugar ha sido interesante conocer datos sobre la **formación y titulación** que poseían. En segundo lugar, **conocer las razones por las que se había decidido la utilización del BT en los proyectos arquitectónicos** y si la documentación necesaria sobre el producto había sido de fácil acceso. Para ello, se les propone que den respuesta a las siguientes opciones:

- Sugerencia del cliente
- Cualidades
- Disponibilidad del material
- Valores medioambientales
- Otros

Por otra parte, se ha solicitado las **normativas de referencia** (normativas, guías o manuales) que habían servido como apoyo para la definición del proyecto arquitectónico de las obras realizadas. Como se ha dicho en apartados anteriores, el BTC en España tiene una norma UNE que matiza algunos aspectos a tener en cuenta, pero no es suficiente para la definición en proyecto del BT (y más aún para el adobe que no posee ninguna normativa). Las opciones que se han mostrado se basaban en la información sobre el producto que estuviera contemplada en la normativa nacional o internacional:

- Datos referidos al producto
- Controles del producto
- Soluciones técnicas

²² La dirección facultativa (DF) está compuesta por el director de obra (DO) y la dirección de ejecución de obra (DEO).

- Soluciones alternativas
- Prestaciones finales del producto.

Otro aspecto importante solicitado se refiere a la **definición de los detalles constructivos del BT en el proyecto arquitectónico**. En este sentido, los proyectistas debían aclarar acerca de la disponibilidad y desarrollo en sus proyectos arquitectónicos de algunos ejemplos de detalles constructivos:

- **Aspectos de la elaboración del muro:**
 - Disposición de las hiladas
 - Enjarjes de las hiladas
 - Materiales compatibles con el producto
- **Definición de encuentros:**
 - Juntas de dilatación
 - Arranque de fachada desde cimentación
 - Encuentro de fachada con forjado
 - Anclajes en fachadas
 - Aleros y cornisas
 - Encuentros de fachada con carpintería
 - Antepecho y albardillas
- **Otros:**
 - Rozas
 - Hueco de instalaciones

Por último, se ha preguntado sobre el **nivel de satisfacción** sobre la obtención de la información, la dificultad de la definición del producto y la posibilidad del cumplimiento de la normativa y las expectativas del producto en el futuro.

5. Ejecución y puesta en obra (dirigida a las constructoras).

La empresa constructora será la encargada de ejecutar la intervención con las indicaciones de la DF y el diseño en el proyecto de ejecución.

Las preguntas planteadas tienen como objetivo conocer si se disponía de la **información necesaria para construir correctamente** a partir de los datos y condiciones específicas aportadas por los proyectistas y bajo la dirección del DO y DEO. Por último, las empresas constructoras han sido encuestadas sobre el nivel de satisfacción de la definición de los proyectos de ejecución.

6. Dirección de obra (dirigida a los directores de obra (DO) y directores de ejecución de obra (DEO))

La DF debe supervisar y dirigir la obra siguiendo las pautas establecidas en el proyecto de ejecución. En caso necesario la dirección facultativa tiene la potestad de modificar el proyecto de ejecución debido a cambios en la obra. Es por eso que el objetivo fundamental de este apartado era **conocer si con la información disponible en proyecto era posible obtener un resultado constructivo adecuado con BT.**

En primer lugar, se ha preguntado sobre las ventajas que aportaba el uso del BT en la intervención:

- Mejora térmica
- Reducción de costes o residuos con respecto a otros materiales
- NS/NC
- Otros

Otra cuestión ha sido si la utilización del BT en la intervención supuso algún tipo de inconveniente. Entre las opciones se encontraban las siguientes:

- Incremento de costes con respecto a lo establecido en Presupuesto de Ejecución Material
- Pérdida de calidad final
- Disminución de la salubridad del edificio
- Dificultad de la puesta en obra

- Operarios sin conocimiento del producto
- NS/NS
- Otros

Además, se les ha solicitado información sobre **las razones por las que el proyecto arquitectónico ha sido modificado con respecto a la obra**, si ocurriera esta circunstancia. En este sentido, se han propuesto las siguientes respuestas a la pregunta sobre el grado de definición de los proyectos arquitectónicos y las razones de modificación del proyecto:

- Falta de definición
- Incorrecta definición de las soluciones constructivas
- Mejoras de las soluciones propuestas
- Cuestiones económicas
- Las expectativas del bloque no eran las esperadas
- NS/NC
- Otros motivos

Por último, ha sido relevante conocer, al igual que en el resto de los agentes, su nivel de satisfacción sobre el uso del producto, por el cumplimiento del BT y la normativa, sobre la colocación del BT en obra y las expectativas a futuro del mismo.

7. Grado de satisfacción (dirigida a todos los agentes de la edificación encuestados).

En este apartado se tuvieron en cuenta las distintas opiniones de los agentes encuestados sobre las expectativas a futuro del BT y qué sugerencias aportaban sobre el mismo. Como se explicó con anterioridad, los promotores (y propietarios mayoritariamente) no han sido partícipes de la encuesta realizada on-line. La información sobre el nivel de satisfacción de dichos agentes ha sido solicitada a través de la entrevista personal en los casos de estudio. Dicha información se ha descrito en las fichas de los inmuebles²³.

²³ Las fichas de los inmuebles serán citadas en el apartado siguiente y mostradas en el anexo B.

3.4. APROXIMACIÓN AL INVENTARIO DE INMUEBLES Y SUS AGENTES

3.4.1. INVENTARIO

Desde las fuentes bibliográficas y las encuestas llevadas a cabo a los agentes de la edificación se extrajo información acerca de inmuebles realizados con BT en alguno de sus sistemas constructivos. De hecho, la encuesta contenía una pregunta en los apartados de los fabricantes, proyectistas, ejecución y dirección acerca de las obras que habían suministrado, diseñado, construido o participado. Para ello, en sus respectivos apartados se les preguntó sobre el tipo de inmueble, el uso, ciudad y el año de construcción. Con la recopilación de dicha información se obtuvo un inventario de inmuebles donde se indicaba la información básica disponible de cada uno. Este inventario constaba de **70 inmuebles**²⁴ (tabla 2).

Tabla 2. Extracto del inventario de inmuebles²⁵. Fuente: Elaboración propia.

ID	Tipo	Modelo	Ciudad / Provincia / Comunidad autónoma	Fabricante	Arquitecto / Proyectista	Dirección / Facilitativa	Empresa Constructora	Entidad de Control en la obra	Investigación vinculada	Persona de Contacto	Email contacto
00001	BTC	Vivienda Unifamiliar aislada de dos plantas, residencial	Renedo de la Vega, Palencia	Adobera del Norte	Ignacio Vela	Ignacio Vela	P2	No		Jon Sanjañez Gutiérrez	info@adoberadeinorte.com
00002	BTC	Vivienda Unifamiliar aislada de dos plantas, residencial	Renedo de la Vega, Palencia	Adobera del Norte	Nacho Ortega Vielba	Nacho Ortega Vielba	P2	No		Jon Sanjañez Gutiérrez	info@adoberadeinorte.com
00003	BTC	10 Viviendas unifamiliares aisladas	Amayuelas de Abajo, Palencia	Adobera del Norte	Maria Jesús González Díaz	Maria Jesús González Díaz	P2	No	Universidad de Valladolid	Maria Jesús González Díaz	mariajesusgdiaz@gmail.com
00004	BTC	Edificaciones auxiliares	Amayuelas de Abajo, Palencia	Adobera del Norte			P2	No		Jon Sanjañez Gutiérrez	info@adoberadeinorte.com
00005	BTC	Rehabilitación edificios	Amayuelas de Abajo, Palencia	Adobera del Norte			P2	No		Jon Sanjañez Gutiérrez	info@adoberadeinorte.com
00006	BTC	Vivienda unifamiliar	Adoñaveru del Monte, Segovia	Adobera del Norte			P2	No		Jon Sanjañez Gutiérrez	info@adoberadeinorte.com
00007	BTC	Vivienda unifamiliar	Fraga, Huesca	Adobera del Norte			P2	No		Jon Sanjañez Gutiérrez	info@adoberadeinorte.com
00008	BTC	Vivienda unifamiliar	Gotamendura, Aulia	Adobera del Norte			P2	No		Jon Sanjañez Gutiérrez	info@adoberadeinorte.com

Además, con los datos obtenidos se ha elaborado un mapa con la distribución de los diversos inmuebles realizados con BT en nuestro país (figura 10). Cabe indicar que no se ha obtenido la misma cantidad de datos en los distintos inmuebles localizados. De hecho, debido a la Ley de Protección de Datos, muchos de las características de los inmuebles serán obviadas a excepción de los casos de estudio analizados cuyos propietarios han permitido que sus datos se aporten en la documentación.

El espacio temporal de este trabajo ha permitido la localización de los inmuebles referenciados. No obstante, no se descarta la existencia de otros inmuebles que no hayan podido ser localizados.

²⁴ El inventario se desarrolla en el Anexo B.

²⁵ En este estudio se preserva la Ley de Protección de Datos en cuanto a localización de los inmuebles y los nombres de los agentes de la edificación, a excepción de las empresas de los fabricantes que se entienden de dominio público y los casos de estudio que han dado su conformidad sobre sus datos. Es por ello, que el inventario, únicamente, será nombrado y evaluado según la localización.

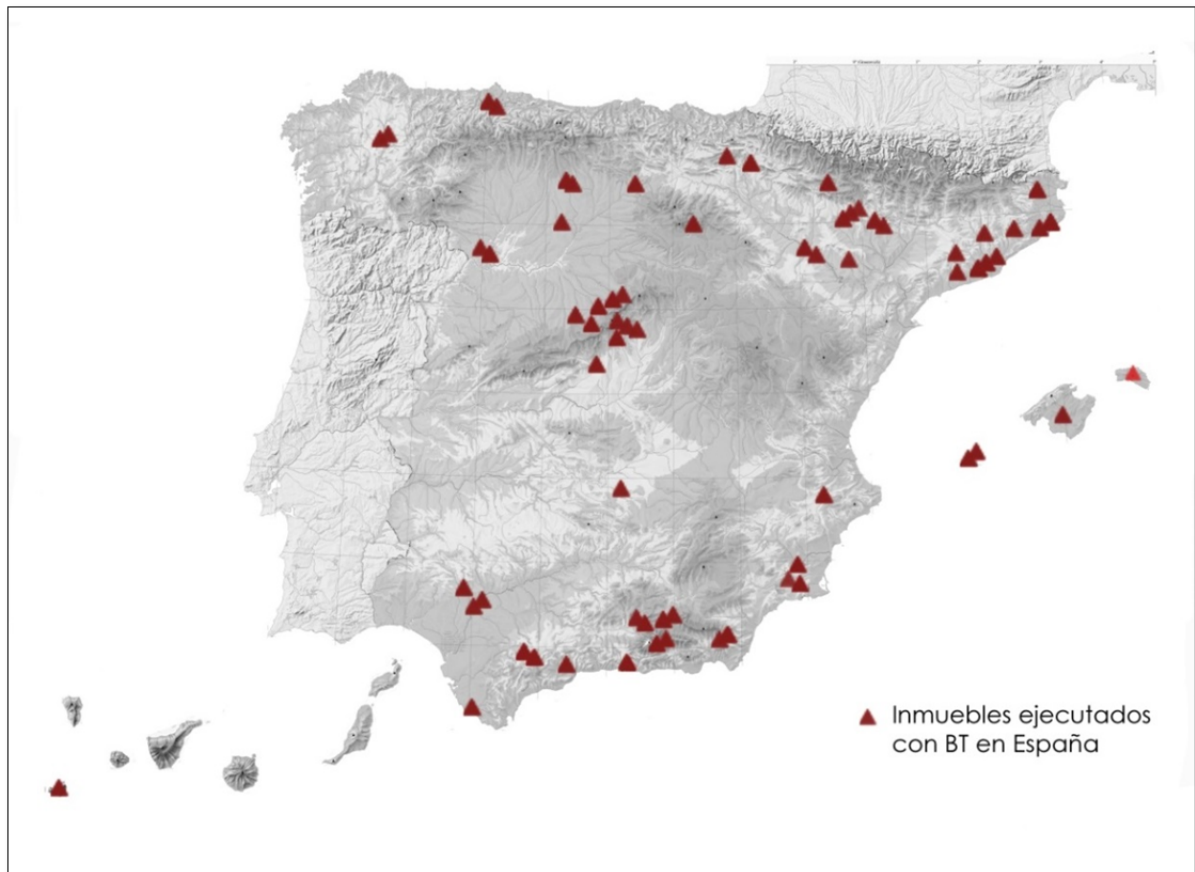


Figura 10. Edificaciones con BT. Fuente: Ministerio de Fomento. Elaboración propia.

Como puede observarse en el mapa, en España las construcciones con BT son más abundantes en las comunidades autónomas de Cataluña, Aragón, algunas zonas de Castilla y León, Madrid y en Andalucía. En este análisis no se ha diferenciado entre los tipos de BT.

La información mostrada puede ser contrastada con otras investigaciones llevadas a cabo (Correia, Dipasquale, Mecca, & Akermann, 2011). En esta se indica que la disposición del adobe en España se localiza en la franja mediterránea y parte de Castilla la Mancha, las provincias de Sevilla, Córdoba y en la Meseta Norte. Según la información localizada en este trabajo sería coincidente la localización de las edificaciones a excepción de la zona de Castilla la Mancha, en la cual no se han incluido inmuebles en este trabajo y la zona norte de Cataluña que han sido localizados inmuebles realizados con BTC.

Si comparamos los mapas del inventario en la figura 10 y los fabricantes en la figura 11 se observa que los inmuebles se localizan en las zonas cercanas a la producción del BT. Cabe señalar, por ejemplo, como uno de los fabricantes (P4) ha en-

viado su producto a muchos puntos de la geografía española por lo que este ha sido ampliamente utilizado.

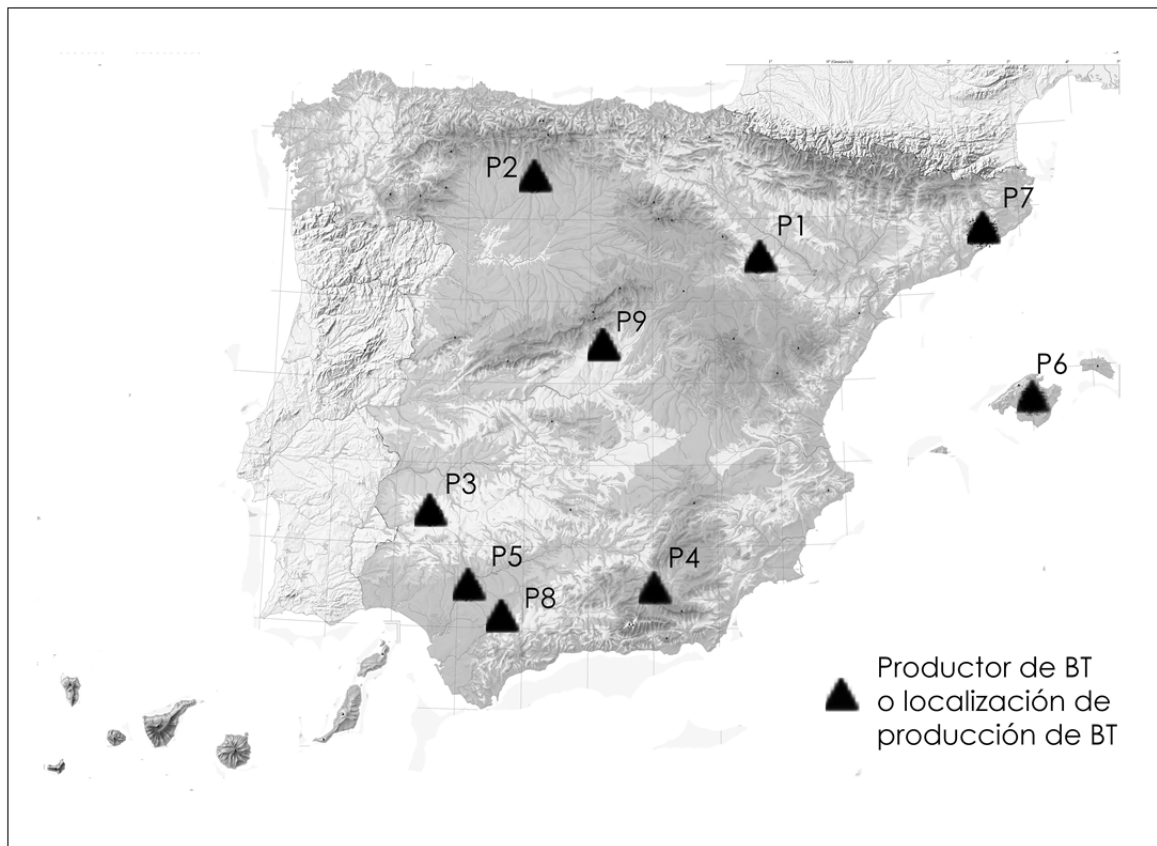


Figura 11. Fabricantes en España²⁶. Fuente: Ministerio de Fomento. Elaboración propia.

Por otro lado, con respecto al **tipo de BT**, 8 de los 70 inmuebles localizados están realizados con adobe (fabricantes P1 y P5), hay 31 ejecutados con el producto del fabricante P4 y P2 construídos con BTE por el fabricante P8. El resto de los inmuebles están construídos con BTC.

La mayoría de los inmuebles registrados son **viviendas unifamiliares** y en muchos casos de autopromoción, a excepción de algunos localizados en Madrid en los que se desarrollan centros de iniciativa empresarial, naves industriales (en Granada y Cataluña), reformas de local de pública concurrencia (en Barcelona) y en Málaga, donde se ejecutó un Centro de Naturaleza. Como singularidad también hay que indicar una Escuela Infantil en Barcelona, construída con BTC y otros materiales naturales.

²⁶ Las referencias a los fabricantes serán estudiadas en el apartado 3.4.2 y mostradas en el Anexo B.

Una de las razones de la proliferación de los inmuebles realizados con BT es la construcción junto a puntos de producción. También, se localizan varios puntos de construcción con BT relacionados con agentes de la edificación e investigación que promueven el uso del BT en España. En este caso se señala en Madrid a CIAT y Habitat Tierra, en Cataluña al grupo de investigación del Dr. Gabriel Barbetá, en Aragón, a la asociación Baubiologie y en Valladolid, el Grupo Tierra.

Sobre este inventario se ha procedido a la selección de las edificaciones que localizaban los BT en cerramiento, los que estaban contruidos desde la entrada en vigor de la LOE y aquellos en los que la información que se podía obtener de dichos inmuebles era amplia. Finalmente **los casos de estudio son 29 edificaciones** y se indican en la Tabla 3.

Tabla 3. Casos de estudio. Fuente: Elaboración propia.

Código	Denominación	Provincia
ALM-001	Casa Rural – La Tenada	Almería
ALM-002	Vivienda unifamiliar - Gador	Almería
GRA-001	Nave industrial	Granada
MAL-001	Casa Rural	Málaga
SEV-001	Vivienda unifamiliar	Sevilla
SEV-002	Ampliación en Vivienda unifamiliar	Sevilla
SEV-003	Local comercial en Nervión	Sevilla
ZAR-001	Vivienda unifamiliar	Zaragoza
ZAR-002	Vivienda unifamiliar	Zaragoza
HUE-001	Vivienda unifamiliar	Huesca
BAL-001	Vivienda Unifamiliar	Baleares
PAL-001	10 viviendas unifamiliares	Palencia
PAL-002	Vivienda unifamiliar	Palencia
PAL-003	Vivienda Unifamiliar	Palencia
SEG-001	Vivienda Unifamiliar	Segovia
BAR-001 ²⁷	Escuela Infantil	Barcelona
BAR-002	Vivienda unifamiliar	Barcelona
GER-001	Nave Industrial	Gerona
GER-002	Vivienda unifamiliar semienterrada	Gerona
MAD-001	Vivienda unifamiliar bioclimática	Madrid
MAD-002	Centro de Iniciativa Empresarial bioclimático	Madrid
MAD-003	Centro de Iniciativa Empresarial bioclimático	Madrid
MAD-004	Centro de Iniciativa Empresarial bioclimático	Madrid
MAD-005	Alojamientos rurales	Madrid
MAD-006	Aula de Educación Ambiental	Madrid
MAD-007	Centro de Hidroterapia	Madrid
MAD-008	Casa de Niños bioclimática	Madrid
MAD-009	Vivienda unifamiliar	Madrid
ALI-001 ²⁸	Vivienda unifamiliar	Alicante

²⁷ El caso de estudio BAR-001 será utilizado para validar el EVC.

²⁸ Los BT del caso de estudio ALI-001 no será considerado como fabricante dado que en la actualidad dicho caso de estudio se encuentra en proceso de investigación y no ha sido posible obtener más información.

La posibilidad de visitarlos y caracterizarlos ha significado el conocimiento en profundidad de los distintos inmuebles. Además, se ha recopilado toda la información posible acerca de los proyectos arquitectónicos y ensayos realizados en los BT, entre otros. La información de las visitas ha servido para profundizar en una base de datos más completa sobre algunos inmuebles y que servirán para el EVC.

3.4.2. LOS AGENTES DE LAS EDIFICACION.

Con los datos obtenidos en las encuestas es posible realizar un análisis sobre el panorama del BT en España. Se aportará información sobre los agentes de la edificación y se indicarán las tendencias de las respuestas seleccionadas y la relación entre los agentes.

Para comprender la estructura de los resultados, se ha desarrollado un análisis de toda la información recopilada. Recordemos que, en primera instancia, se elabora una base de datos con los contactos obtenidos de las búsquedas en las fuentes bibliográficas e internet, entre otros.

La base de datos inicial se constituye con un total de 70 personas que corresponden a un alto porcentaje de los distintos agentes de la edificación que forman parte del panorama actual del uso e investigación del BT en España.

A continuación, se han seleccionado las personas relevantes para el envío de la encuesta on-line. Han sido un total de **44 personas** las que han realizado la encuesta, de las cuales 30 ejercen parte o la totalidad de su profesión en España.

De los resultados obtenidos, 14 no se corresponden con agentes de la edificación del ámbito geográfico español. Esto se debe a que la encuesta ha sido divulgada a través de distintos medios de comunicación llegando a ser recibida por otros agentes ubicados fuera de España. Por otro lado, ciertos contactos de la base de datos inicial no han respondido la encuesta.

La encuesta on-line ha sido dividida en función de la actividad que realizaba cada uno de los agentes de la edificación descritos en la LOE: fabricante, proyectista, empresa constructora o de ejecución y DF. Así mismo, los propietarios y promotores respondieron a ciertas cuestiones sobre la construcción con BT y el grado de satisfacción en las visitas a los inmuebles del inventario. A continuación se exponen los resultados obtenidos para todos los agentes de la edificación encuestados:

A. FABRICANTES

Con respecto a los agentes de la edificación relacionados con la fabricación del BT, tal y como se observaba en la figura 11, han sido localizados **9 fabricantes**²⁹ en España (Santibáñez & Ortega, 2010; Seisdedos, 2010). Estos han sido relacionados con los casos de estudios en la tabla siguiente (Tabla 4):

Tabla 4. Relación entre los fabricantes y los casos de estudio analizados. Fuente: Elaboración propia.

Fabricante	Caso de estudio
P1	ZAR-001
P2	PAL-001; PAL-002; PAL-003
P3	No ha realizado ninguno de los casos de estudio seleccionados.
P4	ALM-001; ALM-002; SEV-001; ZAR-002; HUE-001; SEG-001; MAD-009
P5	SEV-002; SEV-003
P6	BAL-001
P7	BAR-001; BAR-002; GER-001; GER-002
P8	MAL-001; GRA-001
P9	MAD-001 a MAD-008

Dos de ellos fabrican los productos en la misma obra donde van a realizar la intervención. El resto, se sitúa en diversos puntos de la geografía española para fabricar los BT y trasladar el producto a la obra en cuestión.

Algunos de los fabricantes también fomentan la formación junto a la fabricación de su producto (P3 y P9). Otros, como por ejemplo P1, P4 y P9, también ejercen como DF en la construcción de los inmuebles. Así mismo, otros fabricantes, como es el caso de P2 y P6, llevan a cabo la ejecución del inmueble.

Como se presentaba en el apartado 3.2., se ha estudiado la **identificación de la ficha técnica del producto elaborado**. Puede observarse en la siguiente tabla (tabla 5) como sólo tres de las empresas posee la ficha técnica³⁰ necesaria. Los datos aportados por las fichas técnicas han servido para analizar las experiencias reales con la aplicación del EVC.

²⁹Para la denominación de los fabricantes y acorde a la Ley de Protección de Datos vigente, se hace alusión a los mismos con la denominación P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8 y P9. La relación entre la designación y las empresas es posible consultarse en el anexo B.

³⁰**Ficha técnica:** es un documento específico sobre las características materiales y dimensionales del producto, que se elabora por la empresa y donde además se recogen los ensayos y certificaciones realizados al mismo.

Tabla 5. Identificación de la ficha técnica del producto. Fuente: Elaboración propia.

Concepto	Identificación
Posee ficha técnica	P4, P7 y P9
La ficha técnica se encuentra en proceso de elaboración	P3 y P6
No posee ficha técnica.	P1, P2, P5 y P8.

Basándonos en los documentos solicitados por el CTE, los fabricantes han sido encuestados sobre la **disponibilidad de documentación acorde al CTE**³¹. En los datos que se muestran (tabla 6), se indican el documento exigido y el fabricante que lo posee:

Tabla 6. Disponibilidad de documentación acorde al CTE. Fuente: Elaboración propia.

Disponibilidad de documentación acorde al CTE	Fabricantes
Prestaciones finales	P1
Controles de los ensayos certificados por entidad acreditada	P4, P6, P7 y P9
Controles de los ensayos certificados por no entidad acreditada	P6

A su vez, se ha profundizado sobre la información elaborada por el fabricante acerca del **cumplimiento de las exigencias mínimas** para cada uno de los requisitos básicos establecidos en el artículo 3 de la LOE: *Seguridad Estructural, Seguridad en caso de incendios, Seguridad de utilización y accesibilidad, Higiene, salud y protección del medio ambiente, Protección contra el ruido y Ahorro de energía y aislamiento térmico*. En la tabla 7 se muestran los fabricantes que proporcionan información sobre el cumplimiento de las exigencias mínimas.

Tabla 7. Cumplimiento de las exigencias mínimas. Fuente: Elaboración propia.

Exigencias	Identificación
Seguridad estructural	P2, P3, P4, P7 y P9
Seguridad contra incendios	P4 y P7
Salubridad (análisis de succión y absorción)	P4, P7 y P9
Ahorro de energía	P4, P6 y P7
Protección contra el ruido	P4 y P7

Si se analiza la tabla 7 es posible comprender que la exigencia de seguridad estructural es la que más se desarrolla por parte de los fabricantes. Sin embargo, la

³¹ Es posible que existan discrepancias entre las opiniones vertidas por los agentes en las encuestas y los resultados sobre la información obtenida para los casos de estudio. Se matiza sobre los casos de estudio dado que es uno de los puntos contrastables con la información de ambas partes.

protección contra el ruido, seguridad contra incendios y ahorro de energía sólo han sido analizadas por dos fabricantes.

Cabe señalar que el fabricante P4 y P7 han analizado sus productos en todas las exigencias determinadas, así como el P9 que ha realizado 2 análisis sobre la seguridad estructural y salubridad. El resto no ha determinado ningún ensayo para indicar las exigencias básicas o sólo han llevado a cabo uno de ellos.

En base a los resultados del apartado anterior, también se han determinado **las razones por las cuales no han sido llevadas a cabo dichas exigencias**. En el siguiente gráfico (figura 12), puede observarse las razones por las que no se han solicitado o desarrollados las exigencias del CTE. La razón más esgrimida por los fabricantes es el alto coste económico de alguno de los ensayos relacionados con el cumplimiento de las exigencias.

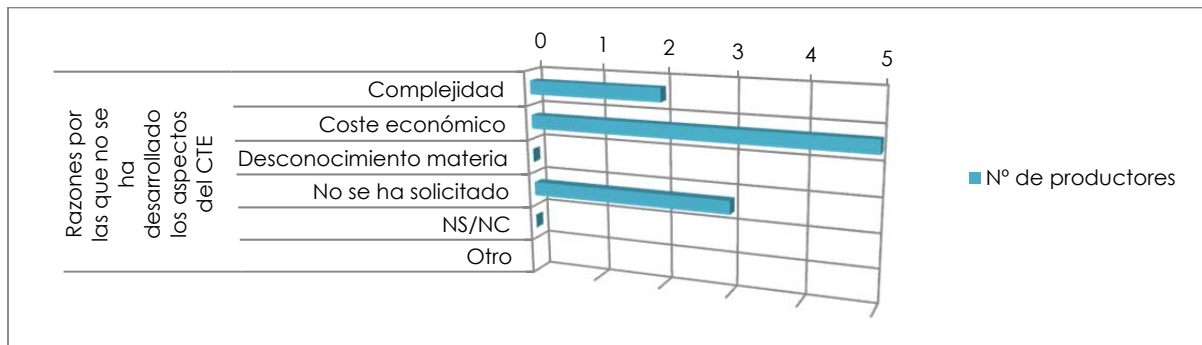


Figura 12. Razones por las que no se han desarrollado las exigencias mínimas. Fuente: Elaboración propia.

B. PROYECTISTAS:

En total, se han encuestado **15 proyectistas** en este estudio³², y se ha obtenido la siguiente información:

La primera cuestión planteada a los proyectistas ha sido **la razón del uso del BT**. La respuesta más frecuente ha sido argumentada por los valores medioambientales conocidos del BT (figura 13) y, en menor medida, por la sugerencia del cliente y la disponibilidad. Esta cuestión será comparada posteriormente con el grado de sa-

³²Es común que algunos proyectistas sean a la vez DO.

tisfacción de los usuarios para verificar si las expectativas del BT en la fase de proyecto se cumplen en la fase final³³.

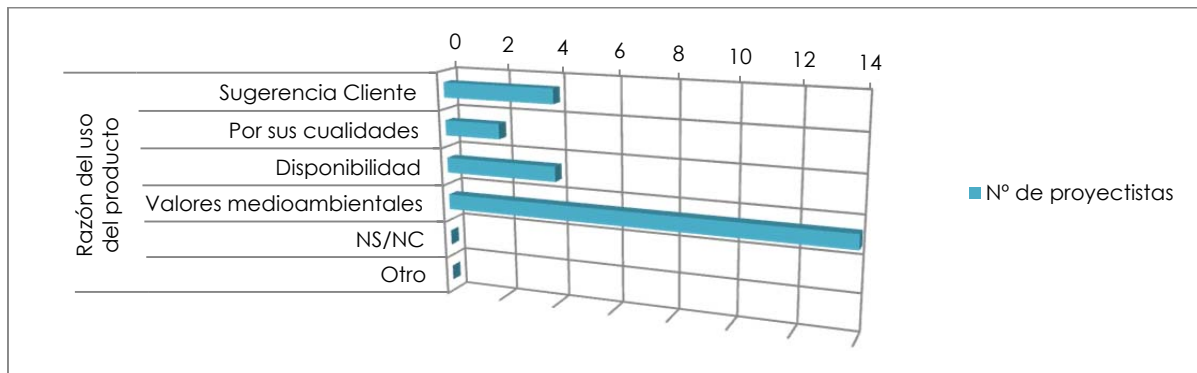


Figura 13. Razón del uso del producto en el proyecto. Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, como base del proyecto, se les solicitó **información sobre las referencias normativas y guías utilizadas para su desarrollo**. Como puede verse en la figura 14, los técnicos utilizan preferentemente la normativa española vigente de referencia para la definición del proyecto y, en particular, los posibles datos que puedan ser extraídos de la misma. Algunos técnicos han seleccionado, además, la utilización de datos recogidos en normativas internacionales.

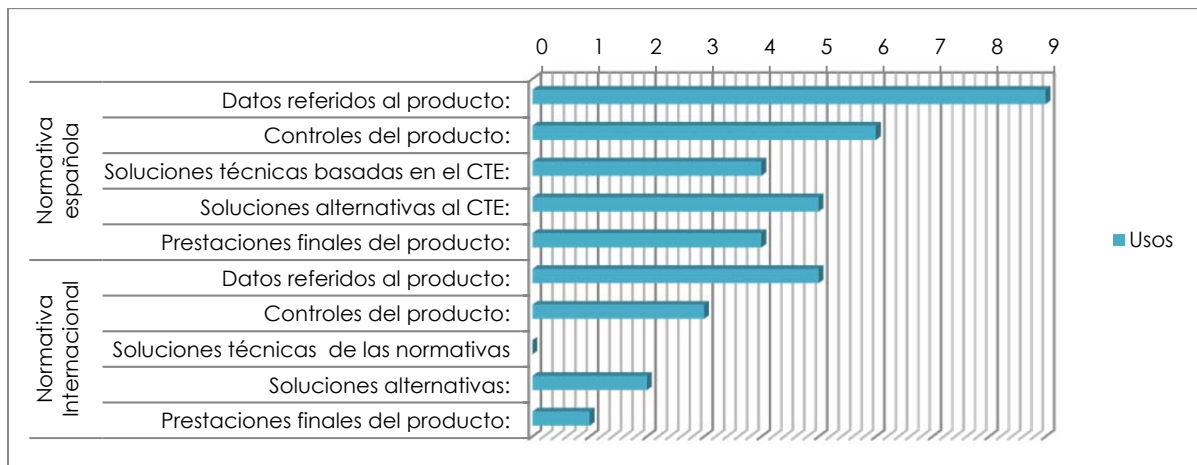


Figura 14. Documentación utilizada por los técnicos proyectistas. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, los proyectistas fueron encuestados sobre la **facilidad que habían tenido para obtener la documentación del producto** por parte de los fabricantes. Los datos obtenidos (figura 15) no muestran una tendencia clara y no es posible extraer un resultado determinante. De hecho, la distribución indica un porcentaje

³³ Ver apartado de propietarios y usuarios.

similar entre los fabricantes que han aportado su ficha técnica (21%) y los que no la aportan (29%). Por otro lado, los proyectistas también han indicado que la información sobre las fichas técnicas se obtiene en función del tipo de fabricante ya que no todos poseen el mismo nivel de definición y por tanto no todos los datos pueden ser aportados. Es decir, algunos fabricantes facilitan la información sobre sus productos de manera sencilla y otros, por el contrario, no poseen la información requerida.

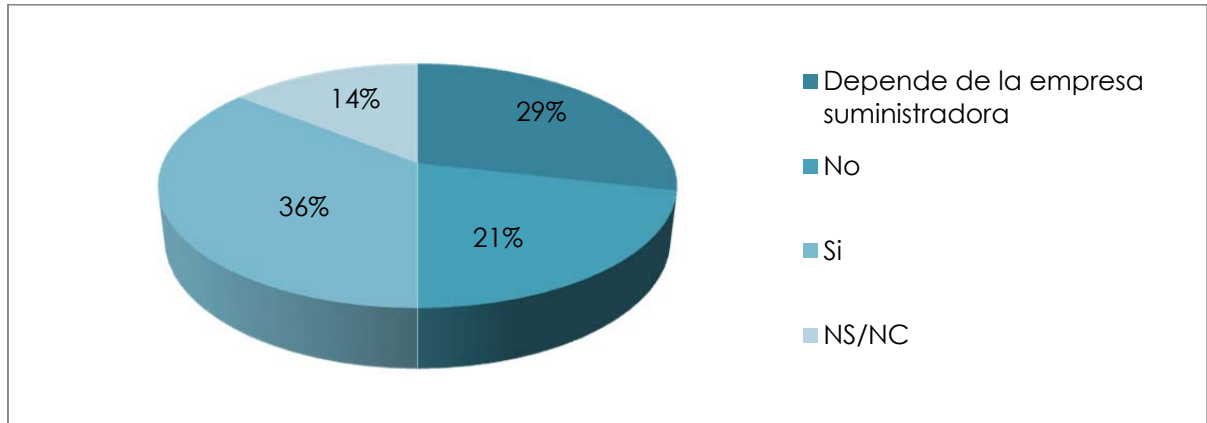


Figura 15. Facilidad de documentación sobre el producto. Fuente: Elaboración propia.

Por último, se preguntaba acerca de los **detalles constructivos que definen el proyecto arquitectónico** de los distintos proyectistas. Los aspectos de la elaboración del muro, la definición de los encuentros y otros de especial interés han formado parte, entre otros, del cuestionario planteado.

En la figura 16 puede observarse como más de dos tercios de los técnicos encuestados han desarrollado los detalles constructivos indicados. En cambio, los encuentros de fachada con pilares así como la fachada, aparecen como los detalles menos desarrollados en los proyectos arquitectónicos. Una vez conocidos los proyectos arquitectónicos de los inmuebles del inventario, se analizó si los detalles descritos en la encuesta estaban reflejados en la definición del inmueble. Estos datos se desarrollan en el apartado 3.6.

Con respecto a los resultados obtenidos, los técnicos indican que, por regla general, incluyen los detalles seleccionados para el cuestionario. En cambio, en lo concerniente a definición en la fachada: aleros, cornisas, anclajes a fachada y encuentro con pilares, disminuye la definición.

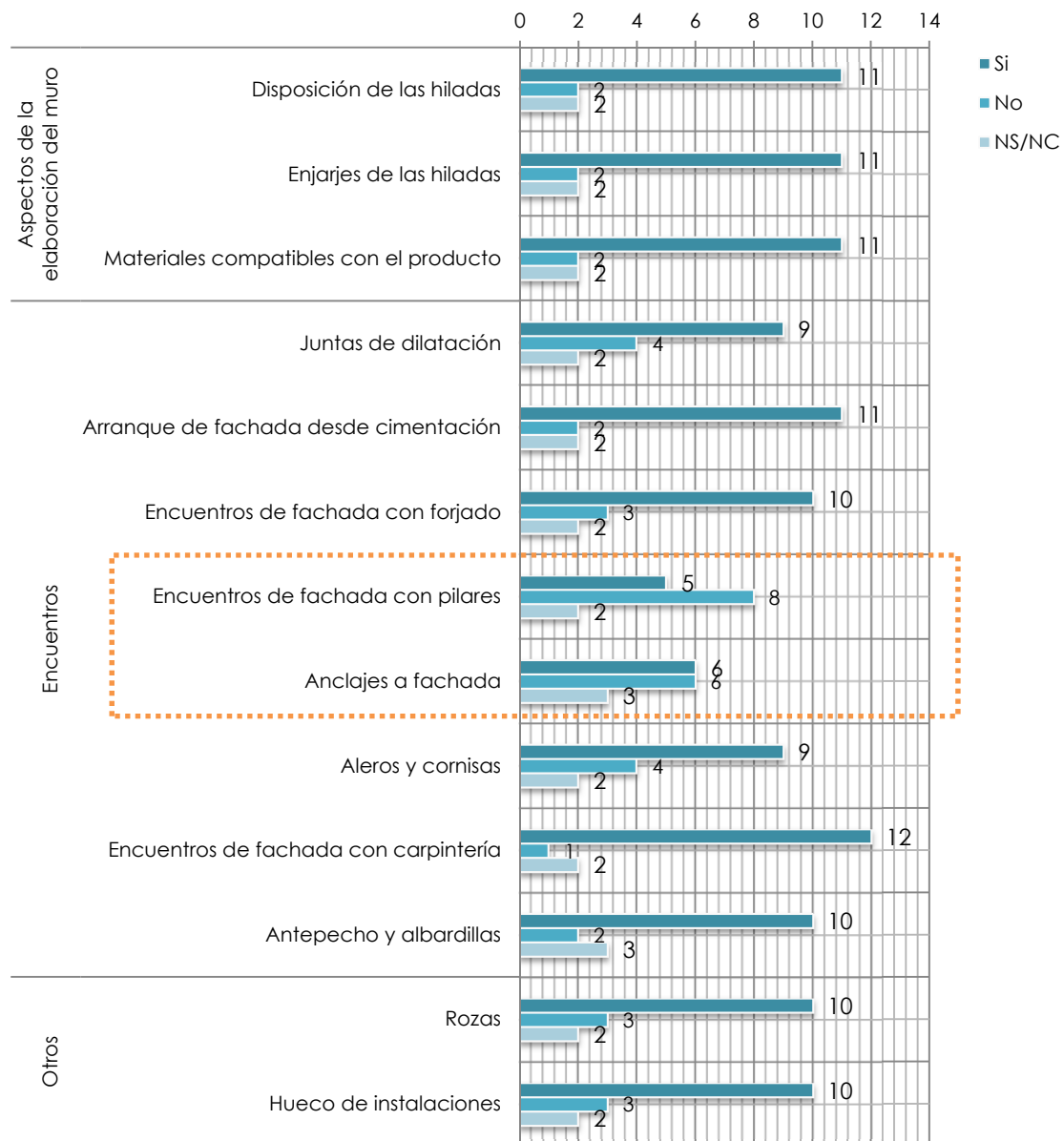


Figura 16. Detalles constructivos utilizados. Fuente: Elaboración propia.

Con respecto al **grado de satisfacción** del producto, casi todos los proyectistas, estiman que las expectativas del producto en el futuro son muy favorables. Así mismo, a nivel de proyecto y en un elevado porcentaje, los proyectistas señalan un grado de satisfacción alto con respecto al uso del BT.

C. EMPRESAS CONSTRUCTORAS:

Una vez analizado el punto de vista y las experiencias de los proyectistas y la dirección facultativa de las intervenciones, se marcó como objetivo conocer la opinión de las personas que ejecutaban la obra. En este sentido, sólo han sido **3 personas** relacionadas con la ejecución de los inmuebles las que han respondido. Se

solicitaba que indicaran si se disponía de toda la información necesaria por parte de las personas que desarrollan los proyectos. Los encuestados coinciden en que disponían de la información debido a sus propias experiencias. Incluso uno de los encuestados (fabricante P2 que a su vez es constructor) añade que algunas soluciones deben ser modificadas con respecto al proyecto dado que la información aportada en los mismos no era adecuada a las características del producto.

D. DIRECCIÓN DE OBRA Y EJECUCIÓN (DF)

En este apartado han sido encuestadas **11 personas** que han ejercido como DO o DEO en edificaciones realizadas con BT. Muchas de las personas entrevistadas en este apartado también rellenaron el apartado de proyectista dado que se trata de los redactores de los proyectos arquitectónicos.

Para la fase de obra era muy importante conocer las **opiniones de la DF** que ejercían como DO o DEO y si el producto respondió a las expectativas de la fase inicial o, por el contrario, surgieron inconvenientes que obligaron a modificar el proyecto inicial.

La primera de las cuestiones desvelaba las **ventajas** que supuso el uso del BT en el inmueble (figura 17). En este sentido, las respuestas más comunes fueron acerca de la mejora térmica (7), la reducción de residuos (7) y la reducción de costes respecto de otro material (4).

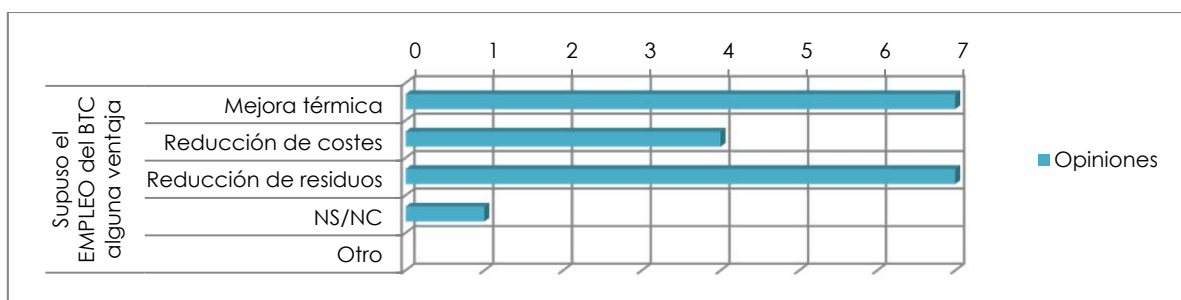


Figura 17. Ventajas del uso del bloque en la intervención. Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado y como pregunta relevante, se propuso que se indicaran los **inconvenientes** que había supuesto el uso del BT con respecto al proyecto arquitectónico (figura 18). La respuesta predominante fue el aumento de costes con respecto a lo presupuestado en proyecto, seguido del desconocimiento del material por parte de los operarios y, por último, la dificultad de su puesta en obra.

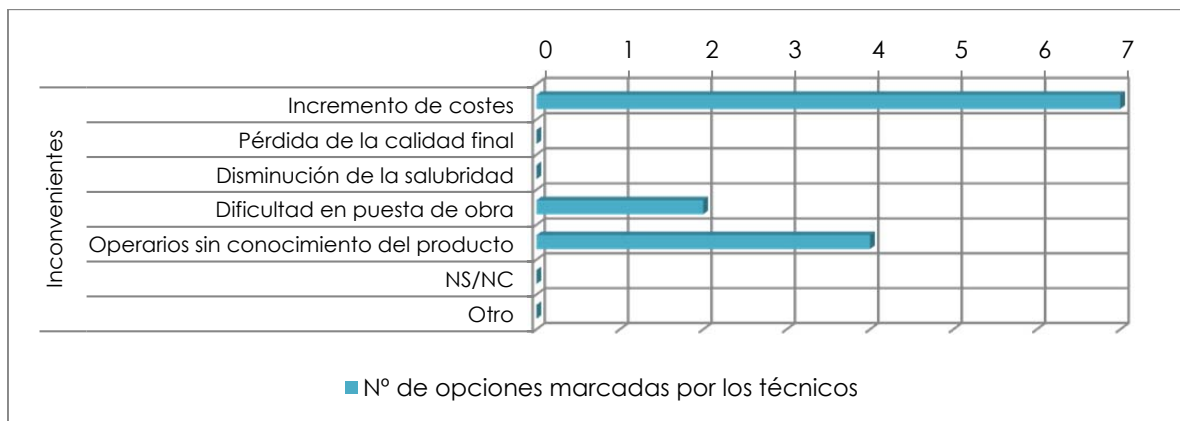


Figura 18. Inconvenientes en obra del uso del BT. Fuente: Elaboración propia

También se analizan **las posibles razones de modificación en obra con respecto al proyecto**. En este sentido, uno de los DO indicó que se modificaron por cambios sobre el proyecto arquitectónico, otro por falta e incorrecta definición en proyecto y, otro de los encuestados, por mejoras sobre las soluciones constructivas aportadas en proyecto. Se señala, por último, una respuesta en la que se explica que la modificación se debió a la falta de cantidad de producto y la disminución de calidad del mismo. El resto de encuestados no han indicado modificaciones en obra.

Por último, se solicitó información acerca del **grado de satisfacción** del uso del BT una vez ejecutada la obra. Algunas de las respuestas obtenidas estiman la definición del BT en proyecto, así como el cumplimiento en obra de la normativa como deficiente. Cabe destacar que el grado de satisfacción a nivel de proyecto es adecuado, sin embargo, una vez ejecutada la obra, el grado de satisfacción disminuye.

E. PROPIETARIOS Y USUARIOS

Dado que, mayoritariamente, los edificios realizados con BT son de **autopromoción**, se recuerda que los promotores suelen ser los usuarios y propietarios de los inmuebles.

En las visitas realizadas se realizaron preguntas a los propietarios y usuarios sobre el grado de satisfacción con respecto a lo que indican los proyectistas en sus encuestas. Las respuestas fueron favorables acerca del uso del BT en sus viviendas o lugar de trabajo. Todos conocían las ventajas del uso del BT previo a la construcción y, una vez se encontraba en uso el inmueble, la satisfacción iba en aumento. Esto se contrasta con las razones indicadas por los proyectistas acerca de las ra-

zonas del uso del BT en la construcción, quienes opinaban mayoritariamente que la razón de su uso radicaba en los **valores ambientales** (ALM-001, ALM-002, MAL-001, GRA-001, SEV-001, SEV-002, SEV-003, PAL-001, PAL-002, PAL-003, MAD-001). Algunos productos incluso fueron elaborados con el objetivo de formar y realizar un taller ocupacional (Seisdedos, 2010) como es el caso de MAD-002, MAD-003 y MAD-004.

Aun así, algunos usuarios son **conscientes de las posibles limitaciones del producto**, pero la satisfacción sobre sus ventajas es mayor que las limitaciones (SEV-001).

F. ENTIDADES DE CONTROL Y LABORATORIOS

Para el control de los productos y algunas soluciones constructivas, las DF han recurrido a diversas empresas para la certificación. En este caso, han podido ser recopiladas las siguientes:

- Departamento de Edificación de la Universidad de Valladolid, llevado a cabo por los profesores Alfonso Basterra Otero y Félix Jové Sandoval (González et al., 2003)
- Departamento de Física Aplicada. Universidad de Girona
- Laboratorio de materiales. Universidad de Girona
- Cecam. Centro de Estudios de la Construcción y análisis de materiales.
- Laboratorio de Mecánica del Suelo. Universidad Pública de Navarra
- Laboratorio de Materiales. Universidad Complutense de Madrid
- Laboratorio AAplus en Barcelona
- Laboratorio del Instituto Torroja

En base a todo lo expuesto, es posible discernir que la LOE ha supuesto una reestructuración en la construcción en España debido a las exigencias mínimas y el papel de los agentes de la edificación. Tomarla como base en este trabajo para la organización de los agentes supone un papel fundamental.

Los inmuebles localizados no suponen la totalidad de los existentes en todo el país de hecho, conocer la situación de todos se presenta como un trabajo casi inviable. Si bien es cierto, se estima que el número de inmuebles inventariados, al menos en los inmuebles con BTC, suponen un elevado porcentaje de la totalidad. Aunque no se descartan el amplio número de casos con adobe.

La localización de los inmuebles ha supuesto, en algunas ocasiones, la posibilidad de contactar con los agentes intervinientes aunque el proceso de recopilación de datos no ha sido fácil. Una vez localizados, los datos analizados de la realización de la encuesta han aportado conocimientos sobre su formación, los criterios arquitectónicos sobre el uso del BT que han llevado a cabo, entre otros.

En primer lugar, los fabricantes aclaran que la producción del BT en España aún no ha adquirido un papel significativo. Además, la producción advierten que en algunos meses del año es inviable producir los BT por las inclemencias meteorológicas. Por otro lado, la definición del producto mediante la aportación de las fichas técnicas se relentiza debido a los costes económicos. En algunas ocasiones estos agentes ejercen como constructora del inmueble e incluso de DF y cliente. Aunque la confianza sobre los valores del producto de los usuarios es plena, la producción actual no satisface las necesidades profesionales por completo.

Otro de los agentes, los proyectistas y DF exponen que el uso del BT reside en la aportación de sus valores ambientales. El uso de la ficha técnica del producto les facilita la definición y seguridad ante la responsabilidad de su uso. Sin embargo, la definición de dichas fichas no es mayoritaria entre los fabricantes.

Con respecto a la definición del proyecto, las empresas constructoras indican que, en ocasiones, es necesario modificar aspectos del mismo dado la inadecuada definición. Este razonamiento hace pensar que debe fomentarse la formación sobre construcción con BT entre los técnicos. Esta opinión es recíproca entre los distintos agentes.

Los usuarios de este tipo de productos son personas convencidas de sus beneficios y conscientes de sus posibles limitaciones. De hecho, algunos inmuebles han sido ejecutados con BT por sugerencia del cliente. Sin embargo, se produce un inconveniente administrativo ante las licencias de dichos inmuebles.

Esto hace concluir que, por las circunstancias expuestas, los inmuebles ejecutados en la actualidad sean mayoritariamente autopromociones y de uso residencial.

3.5. EL BLOQUE DE TIERRA EN EL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

En este apartado se analizan aspectos normativos no prescritos relacionados con el conocimiento del BT como producto de construcción y su aplicación en cumplimiento con el CTE. De esta manera se pretende **establecer una comparación entre las características exigibles establecidas en los documentos básicos del CTE y los parámetros conocidos del BT y aportados en los casos de estudio.**

Desde la entrada en vigor del CTE en 2.006, las Normas Básicas de la Edificación (en adelante, NBE) han sido sustituidas por el CTE en base a la LOE de 1.999. En él, se desarrollan las exigencias mínimas para cada uno de los requisitos básicos establecidos en el artículo 3 de la LOE: *Seguridad Estructural, Seguridad en caso de incendios, Seguridad de utilización y accesibilidad, Higiene, Salud y Protección del medio ambiente, Protección contra el ruido y Ahorro de energía y aislamiento térmico.*

La construcción en tierra, y por consiguiente el BT, puede ser utilizado en España siempre que se garanticen las características exigibles establecidas aunque no se establece un documento básico específico. En la Parte I de CTE, concretamente en el art. 5, se enuncian dos procedimientos para el cumplimiento del material:

- Aportar soluciones técnicas basadas en los documentos básicos del CTE (DB).
- Proponer soluciones alternativas que se justifiquen por sus prestaciones al menos equivalentes a las que se obtendrían por la aplicación del DB correspondiente.

El análisis de este capítulo se orienta hacia **la viabilidad real de las soluciones aportadas dentro del marco actual de la construcción** con el propósito de mediar en la futura integración del producto en el mercado. Por tanto, es necesario realizar una aproximación del BT al cumplimiento de la normativa actual, el CTE.

Para ello se aportan y establecen las características exigibles al producto según CTE, con el objetivo del cumplimiento del BT como material de construcción viable. Además, dicha información será comparada con la normativa específica del BTC (UNE 41410:2008) con el fin de determinar sus puntos en común y sus divergencias. En el caso del adobe no será posible aportar datos sobre normativa española debido a su inexistencia, por lo que sería necesario tomar determinaciones

de otras normativas internacionales o bibliografía específica. Por ejemplo, la normativa peruana E 0.80.

La respuesta práctica y profesional se encuentra a nivel empresarial, donde diversos fabricantes de BT han desarrollado sus propias fichas técnicas en las que describen las características básicas del producto basadas en la normativa.

A continuación, se muestran los resultados de todas las exigencias básicas del CTE, menos la que corresponde a la utilización y accesibilidad que se considera que, por no tratar sobre el material de construcción, no concierne en la evaluación del producto y su cumplimiento.

DOCUMENTO BÁSICO DE SEGURIDAD ESTRUCTURAL (CTE DE SE)

Como se ha expuesto en el apartado de líneas de investigación (apartado 1.2.2), autores como Cid, J. Ruiz Mazarrón, F. y Cañas, I. a nivel nacional o Walker, P., Morel, J.C. o Kirschbaum, C. y Mas, J.M. a nivel Internacional han investigado sobre la resistencia a compresión del BTC y la relación entre las distintas normativas. Así mismo, otros autores han analizado acerca de la mejora del producto respecto a la resistencia estructural con diversos estabilizantes (Guerrero Baca et al., 2010). En el caso del adobe, será necesario consultar otras referencias bibliográficas (Parra-Saldivar & Batty, 2006; Reman, 2004; Roux Gutierrez & Olivares Santiago, 2002; Silveira et al., 2012).

Para poder realizar la comprobación de la resistencia a compresión de la fábrica realizada con BT, es necesario el conocimiento de la **resistencia normalizada a compresión del BT**, en este caso obtenida por el fabricante según la cantidad y el tipo de agua de amasado en la fabricación.

Para el BTC, la normativa UNE determina la resistencia normalizada a compresión y clasifica el producto en **BTC 1, BTC 3 o BTC 5**, cada uno de ellos especificados en N/mm² (Aenor, 2008b). Los valores de cada uno de ellos son 1,3, 3 y 5, respectivamente. No obstante, para el cumplimiento del CTE DB SE-F en caso de fábrica portante, será necesaria la definición mínima de las piezas de la fábrica a la resistencia normalizada a compresión (fijada en 5 N/mm²). Dada la inexistencia de normativa del adobe, en caso de fábricas con adobe, será necesario ensayar su resistencia mecánica en cada caso.

Igualmente, se insiste en la certificación de la resistencia del mortero utilizado por parte de empresas homologadas y se aplican los correspondientes coeficientes

de seguridad al conjunto, en función de la categoría de control de fabricación y ejecución para su posterior comparativa con los valores mínimo exigidos en el CTE DB SE-F.

Este proceso se desarrolla en los valores presentados por Romero y Vela quienes indican la falta de normativa que permita manejar unos parámetros mecánicos y coeficientes de seguridad, ya que el trabajo se basa en unos valores de similitud. Otros autores como Bestraten ordenan y clasifican distintos coeficientes en función de las categorías de ejecución (tabla 8).

Tabla 8. Coeficientes de minoración. Fuente: (Bestraten et al., 2011).

Categoría de ejecución	Coefficiente	Explicación
A	3-4	Los trabajos de obra los ejecutan constructores especialistas con experiencia, materiales ensayados y seleccionados, programas de control exhaustivo previo y durante la construcción, con resultados satisfactorios.
B	4-5	Los trabajos de obra los ejecutan constructores no especializados con supervisión, programa completo de control previo y durante la construcción con resultados satisfactorios.
C	5-6	Los trabajos de obra los ejecutan mano de obra inexperta con supervisión, programa completo de control previo y durante la construcción, con resultados satisfactorios, los materiales se ajustan marginalmente a los límites recomendados de los criterios de idoneidad, las propiedades de los materiales de los resultados de las pruebas muestran cierta incoherencia.

Por otro lado, se puede señalar las características exigibles por el CTE en la tabla 9, comparadas con la UNE 41410:2008.

Tabla 9. Exigencias de seguridad estructural. Fuente: (Aenor, 2008b; Ministerio de Fomento, 2007b). Elaboración propia.

Seguridad Estructural (CTE DB SE y CTE DB SE F)			UNE 41410:2008
	Característica exigible	Referencia	Referencia
Piezas	Resistencia a compresión	DB SE F Art. 4.1	UNE-EN 772-1:2011+A1:2016
	Volumen de los huecos, de cada hueco y espesor combinado	DB SE F Art. 4.1	-
Fábrica	Juntas de movimiento en la fábrica	DB SE F Art. 2.2	-
	Durabilidad (Clase de exposición/ adecuación de los materiales)	DB SE F Art. 3	-
	Resistencia del mortero	DB SE F Art. 4.2	Anexo B (Sólo agua de amasado)
	Categorías de ejecución	DB SE F Art. 8.2.1	-

Resistencia a compresión	DB SE F Art. 4.6.2 - - UNE EN 1052
Resistencia a cortante	DB SE F Art. 4.6.3. -
Resistencia a flexión	DB SE F Art. 4.6.4. -
Deformabilidad	DB SE F Art. 4.6.5. -
Sección de cálculo (Rozas)	DB SE F Art. 4.6.6. -
Desplome de la fábrica total o local	DB SE -
Comportamiento sísmico de la edificación	DB SE -
Efectos reológicos	DB SE -

Tal y como se puede observar, se hace necesario determinar aspectos referidos en la normativa, tales como *desplome de la fábrica*, total o local, el *comportamiento sísmico* de la edificación, entre otros.

Con respecto a la normativa DB SE Fábrica, conviene señalar aspectos como el cumplimiento de la *distancia mínima entre juntas de movimiento* en BT que garantice el correcto funcionamiento de la fábrica sin que se produzcan lesiones, ya que el CTE hace referencia con respecto a otros materiales de uso en fábrica. Algunas fuentes bibliográficas nombradas hacen alusión a este concepto como son Craterre y Auroville (Guillaud, Joffroy, Odul, & CRATerre-EAG, 1995). Por otro lado, una vez conocida la clase de exposición a la que va a estar sometida la fábrica, se hace necesario el conocimiento o las *restricciones de uso de componentes en la fábrica* con respecto a tierra (Cid Falceto, 2012).

Otros aspectos de especial relevancia nombrados en la normativa son la *resistencia a compresión*, *resistencia a cortante*, *resistencia a flexión* o *deformabilidad de las fábricas* todos ellos basados en las tablas que indican los valores mínimos en función del material utilizado. Por lo tanto, es preciso determinar la **homogeneidad de la ejecución de la fábrica de BT** para la correcta asignación de la categoría de ejecución y posterior resistencia, ya que son inexistentes las determinaciones o los valores mínimos exigidos en normativas.

Otras normativas internacionales establecen determinaciones relacionadas con lo expuesto con anterioridad, es el caso de la normativa E 0.80 (Perú) o las NZS 4297 y 4299 (Nueva Zelanda). En cambio, a nivel empresarial, **el dato aportado por las fichas técnicas de los productos se limita a la resistencia a compresión de la pieza**.

En cuanto al estudio del muro, también se señalan investigaciones como la de Juárez en 2010, el cual estudia las ventajas del refuerzo de muros mediante mallas.

DOCUMENTO BÁSICO DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS (CTE DBSI)

En este documento se establece que *“las condiciones de reacción al fuego y de resistencia al fuego de los elementos constructivos conforme a las nuevas clasificaciones europeas establecidas mediante el **Real Decreto 842/2013, de 31 de octubre** y a las normas de ensayo y clasificación que allí se indican. No obstante, cuando las normas de ensayo y clasificación del elemento constructivo considerado según su resistencia al fuego no estén aún disponibles en el momento de realizar el ensayo, dicha clasificación se podrá seguir determinando y acreditando conforme a las anteriores normas UNE, hasta que tenga lugar dicha disponibilidad”*.

En primer lugar, el Real Decreto 842/2013 establece clases de reacción al fuego de los productos de la construcción **en función de las características de reacción al fuego**. Esta se realiza según una caracterización basada en métodos de ensayo y los consiguientes criterios de clasificación que denominan a los productos desde A, B, C, D, E a F en función de la resistencia, siendo A el de mayor valor. Sin necesidad de ensayo se aportan una serie de productos clasificados como A o A1, en los que **no se incluye la tierra**.

Por otro lado, el Real Decreto hace una clasificación **en función de las características de resistencia al fuego** de los elementos y productos de construcción por su posición en la edificación. Se establece, por tanto, un sistema de nomenclatura para cada sistema en la que se denomina al material en función de su resistencia (R), Integridad (E), Aislamiento (A), Radiación (W) y el tiempo en el cual se garantiza la seguridad del material. Esta denominación se comparará con los requisitos mínimos establecidos en el CTE según el uso del espacio en el que van a estar expuestos.

Pero puede suscitar una duda cuando el producto no posea un marcado CE, tal y como ocurre en el BTC y aún menos en el adobe. Según el CTE, en la fecha en la que los **productos sin marcado CE** se suministren a las obras, los certificados de ensayo y clasificación antes citados deberán tener una antigüedad menor que 5 años cuando se refieran a reacción al fuego y menor que 10 años cuando se refieran a resistencia al fuego.

El listado de valores que no incluye el BTC y mucho menos del adobe y el BTC establecido en el Real Decreto 842/2013, de 31 de octubre para el cumplimiento del CTE DB SI y la falta de información determinada por la normativa específica del BTC, UNE 41410 (la cual además indica que el fabricante debe declarar la clasificación de reacción al fuego de los bloques), llevó a los autores Romero & Vela Cossío a proponer una similitud del BTC con una fábrica de ladrillo macizo, debido a su parecida composición. Por tanto, para la definición de estos datos es necesario tener en cuenta las siguientes normas UNE:

1. Reacción al fuego

13501 Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación

- UNE-EN 13501-1:2007+A1:2010 Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación. Parte 1: Clasificación a partir de datos obtenidos en ensayos de reacción al fuego y UNE 23727: 1990 Ensayos de reacción al fuego de los materiales de construcción. Clasificación de los materiales utilizados en la construcción.

2. Resistencia al fuego

13501 Clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de su comportamiento ante el fuego

- UNE-EN 13501-2:2009+A1:2010
- UNE-EN 13501-3:2007+A1:2010
- UNE-EN 13501-4:2007+A1:2010
- UNE-EN 13501-5:2007+A1:2010
- UNE-EN 13501-6:2007+A1:2010

1363 Ensayos de resistencia al fuego

- UNE EN 1363-1: 2015 Parte 1: Requisitos generales.
- UNE EN 1363-2: 2000 Parte 2: Procedimientos alternativos y adicionales.

1365 Ensayos de resistencia al fuego de elementos portantes

- UNE EN 1365-1: 2016 Parte 1: Paredes.

Algunos autores han realizado aportaciones en la investigación sobre la resistencia al fuego en las normativas vigentes en su país tomando de referencia aquellas normativas que han considerado más oportunas. En este sentido, es importante el estudio realizado por Buson et al. 2012, quienes citan las normativas vigentes en Brasil NBR 5628, NBR 14432 y NBR 10636, así como el Eurocódigo 6, para compararlas con los valores determinados en las *European Standards*, EN 1363-1 y EN 1364-1. Además, establece los valores de resistencia al fuego de una fábrica de bloques de tierra realizados con suelo-cemento y Krafferra ³⁴(Buson et al. 2012). Hay que señalar también las normas NZS 4297 y 4299 como referencia para determinaciones de resistencia al fuego.

Las cuestiones relativas a la resistencia al fuego del producto, son muy importantes y deberán ser tenidas en cuenta sobre todo en los casos de empleo de estabilizantes (por la composición fundamentalmente) además de la **posible presencia de materia orgánica**.

DOCUMENTO BÁSICO DE AHORRO DE ENERGÍA (CTE DB HE)

Las exigencias básicas del DB HE se refieren al objetivo del requisito básico *Ahorro de energía* que consiste en lograr *un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios, reduciendo a límites sostenibles su consumo y conseguir asimismo que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento además de especificar parámetros objetivos y procedimientos cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de ahorro de energía (CTE DB HE)*. A continuación se muestra una tabla 10 con las referencias para la obtención de los datos exigidos y el comparativo con la norma de BTC.

Tabla 10. Características exigibles para la exigencia de Ahorro de energía. Fuente: (Aenor, 2008b; Ministerio de Fomento, 2007b). Elaboración propia.

CTE DB Ahorro de Energía- Limitación de demanda energética		UNE 41410:2008	
Características exigibles		Referencias	Referencias
Transmitancia térmica (U) ⁶ (W/m ² K) U=1/R _t	Resistencia térmica (R) (m ² K/W) R= e/λ; R _t = R ₁ +R ₂ +...+R _n ; R _t = Resistencia térmica total; R _n = Resistencia de una capa; e=espesor de la capa	UNE EN ISO 10 456:2001	UNE-EN 1745:2013
Condensacio-	Conductividad térmica (λ) Factor de resistencia a la difusión del	UNE EN ISO 10	UNE-EN 1745:2013

³⁴ Krafferra es un tipo de BTC desarrollado en dicho estudio.

nes	vapor de agua (μ_n)	456: 2012	
Otros	Calor específico c_p (J/kg.K)	UNE EN ISO 10 - 456: 2012	
	Densidad ρ (kg/m ³)	-	UNE-EN 772:2001+A1:2016
Propiedades higrotérmicas	Permeabilidad al vapor de agua	-	
	Permeancia al vapor de agua	-	
	Resistencia al vapor de agua	-	UNE-EN ISO 12572:2016
	Densidad de flujo del vapor de agua	-	
	Flujo de vapor de agua	-	

Además, para la obtención de datos, es posible extraer de la documentación aportada por el Catálogo de elementos constructivos, valores de densidad y conductividad térmica (tabla 11).

Tabla 11. Catálogo de elementos constructivos CTE. Fuente: (Ministerio de Fomento, 2007b).

Materiales artificiales o suelos tratados				
Material	HE			
	ρ	λ	c_p	μ_n
Tierra apisonada, adobe o bloques de tierra comprimida	1770 < ρ < 2000	1,10	-	-

En referencia a la **normativa UNE 41410:2008**, se especifica que el fabricante debe facilitar la información sobre propiedades térmicas del producto, establecidas en la UNE-EN 1745:2013, ya que son múltiples los valores a establecer para el cumplimiento del CTE.

Los edificios se caracterizan térmicamente por las propiedades de los productos de construcción que componen su envolvente térmica. Por eso, entra en contradicción que una normativa vigente (UNE 41410:2008) no tenga en cuenta las características que el CTE estipula para su cumplimiento: los valores límites de transmitancia térmica de un cerramiento en función del clima y la densidad ρ (kg/m³), el factor de resistencia a la difusión del vapor de agua μ y el calor específico c_p (J/kg.K). De hecho, en la actualidad es posible obtener, únicamente, la transmitancia térmica, U . Algunos investigadores indican que la conductividad está relacionada con la densidad del material. De hecho, Heathcote (tabla 12) muestran una comparativa entre la densidad y los valores de conductividad obtenidos según la DIN 4108-4 y los datos aportados por el investigador Arnold, P.J. (con un 5% de contenido de humedad).

Tabla 12. Densidad frente a conductividad. Fuente: (K. Heathcote, 2011).

Densidad (Kg/m ³)	Conductividad (W/m ² *K)	
	Según DIN 4108-4	Arnold (5% de humedad)
1400	0.6	0.56
1600	0.8	0.73
1800	0.95	0.94

2000

1.2

1.21

Así mismo, otros datos interesantes que diferencian el uso del adobe y el BTC se manifiestan en la tabla 13. En ella se observa cómo la conductividad térmica es mayor en el BTC que en el adobe.

Tabla 13. Relación entre densidad y conductividad entre el adobe y el BTC hecho de manera manual. Fuente: (K. Heathcote, 2011).

Material (Fábrica de 250 mm de espesor)	Densidad (Kg/m ³)	Conductividad (W/m*K)
Adobe	1650	0.82
BTC manual	1750	0.93

Es importante reseñar la investigación llevada a cabo por el CRIATIC, Argentina, sobre el comportamiento térmico de muros de tierra en Tucumán, Argentina, con el objetivo de estudiar el comportamiento térmico (transmitancia térmica y retardo térmico) de muros de tierra (BTC de suelo-cemento con espesores 0,14 y 0,29 m y adobes de 0,20 y 0,30 m) comparados con otros materiales industrializados: bloques de huecos de hormigón y ladrillos cerámicos macizos. En este estudio se tiene en cuenta ambas caras revocadas con mortero de cal aérea reforzada y pintadas a la cal (Arias et al., 2007). Además, es posible encontrar valores certificados por diversas empresas (como los fabricantes P4 y P7) y referidas en bibliografía específica (Barbeta Solà, 2010), en la cual se aportan valores de conductividad térmica, datos de calor específico, entre otros.

De una manera más resumida, los autores Romero & Vela Cossío en su ponencia del Congreso Restapia 2012 hacen una aproximación del BTC al cumplimiento del CTE. En ella se estima que para el cumplimiento del documento es necesario ir a espesores de 1,35 m para poder cumplir con dicho parámetro, por lo que reduce la superficie útil en la edificación (Romero & Vela, 2012). En consecuencia, **proponen la utilización de materiales aislantes naturales para alcanzar la disminución de espesor citada**. Otras investigaciones avalan esta afirmación (Mosquera Arancibia, 2013).

Por tanto, y basándonos en todo lo expuesto en este apartado sería relevante estudiar los valores térmicos obtenidos por cada fabricante para estimar el posible uso del BT en función de si es adobe o BTC y su cumplimiento en cuanto a valores máximos de transmitancia térmica. Así mismo, se considera importante conocer qué aislantes podrían ser colocados junto a la fábrica para obtener resultados idóneos frente al cumplimiento de ahorro energético. Además, este estudio debe

ser considerado en la totalidad del edificio para hacer formar parte del conjunto global al muro en cuestión, mediante los programas específicos que evalúen la certificación energética del edificio (LIDER, CALENER, entre otros).

De los casos de estudio analizados, ha sido posible obtener información sobre la calificación energética de varios de ellos. En el caso de BAL-001 o BAR-001, la calificación energética es tipo A. De hecho, **BAL-001 ha sido certificada como vivienda Passivehaus**³⁵.

DOCUMENTO BÁSICO DE PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO (CTE DB HR)

El objetivo básico del documento DB HR es limitar el riesgo de molestias por ruidos como consecuencia de las características del proyecto, construcción, uso y mantenimiento (Ministerio de Fomento, 2007a). De ahí que deban alcanzarse los valores límites de aislamiento acústico como consecuencia de ruido aéreo, no superarse los valores límite de nivel de presión de ruido de impactos, no superarse los valores límites de tiempo de reverberación y cumplir las especificaciones referentes al ruido y a las vibraciones de las instalaciones.

Por tanto, en lo que se refiere al uso del BT y al cumplimiento del presente documento, no existe una prohibición en cuanto al uso del material siempre y cuando se encuentre en los valores límites establecidos.

Según el CTE, los productos utilizados en edificación y que contribuyen a la protección frente al ruido se caracterizan por sus propiedades acústicas que deben ser proporcionadas por el fabricante. Por otro lado, existen las aportaciones de la normativa específica del BTC, UNE 41410:2008, en relación a la relación de la densidad con la exigencia acústica (tabla 14).

Tabla 14. Características exigibles según DB HR. Fuente: (Ministerio de Fomento, 2007a).

CTE DB Protección contra el ruido (HR)		
Productos	Resistividad al flujo de aire, r , en kPa s/m ²	UNE EN 29053:1994
	Rigidez dinámica, s' , en MN/m ³	UNE EN 29052-1:1994
	Coeficiente de absorción acústica para las frecuencias de 500, 1000 y 2000 Hz	
	Coeficiente de absorción acústica medio am	
	Coeficiente de absorción acústica ponderado, a_w	
Elementos cons-	Índice global de reducción acústica	

³⁵ La certificación Passivehaus la realiza el Passive House Institute. Mediante esta certificación se acredita que la casa ofrece un excelente confort térmico y una buena calidad del aire durante todo el año. Debido a la alta eficiencia energética, los costos de energía así como las emisiones de gases invernadero son extremadamente bajas (Certificación Casa Pasiva Premium).

tructivos	Índice global de reducción acústica, ponderada y para ruido de automóviles Término de adaptación espectral del índice de reducción acústica para ruido rosa incidente C y de automóviles y autonaves.
------------------	--

En el estudio de la protección frente al ruido, se han encontrado algunas referencias como las que se exponen a continuación (tabla 15):

Tabla 15. Comparativa entre distintos materiales de la densidad y los decibelios. Fuente: (Bestraten et al., 2011)

Material	Densidad (Kg/m ³)	Espesor (m)	Ra (dB)
Tapial	2000	0.30	57.85
BTC	1700		56.32
Adobe	1200		53.04
Hormigón armado	2300		59.16
Hormigón en masa in situ	2000		57.85
Bloque de hormigón convencional espesor 200 mm.	860	0.20	46.10
Pared de ladrillo macizo	2170	0.30	58.61
Pared de ladrillo hueco	670		47.56

Como puede observarse en la tabla anterior, para un mismo espesor el adobe realiza una reducción mayor que el BTC o el tapial. En cambio, una pared de ladrillo hueco reduce aun más los decibelios que el adobe.

Otros autores también relacionan el espesor de la pared con respecto al índice de reducción del sonido (dB) y aportan algunas referencias (tabla 16). Para una misma densidad del bloque, a mayor espesor de la pared, mayor índice de reducción del sonido. En este caso, para el BTC:

Tabla 16. Absorción acústica en muros de BTC. Fuente: (Morton, 2008a).

Espesor pared (mm)	Densidad (Kg/m ³)	Índice de reducción del sonido (dB)
130	1500	46

240	1500	53
365	1500	57

Se concluye que, en comparación con otras exigencias, la protección frente al ruido ha sido menos estudiada que el resto de exigencias.

DOCUMENTO BÁSICO FRENTE A LA HUMEDAD (CTE DB HS)

En relación con exigencias básicas de salubridad, es necesario limitar la presencia de agua tanto como consecuencia de los agentes externos como de condensaciones (CTE DB HS 1). De hecho, de manera particular, el DB HS1 se aplica a los muros y los suelos que están en contacto con el terreno y a los cerramientos que están en contacto con el aire exterior (fachadas y cubiertas) de todos los edificios incluidos en el ámbito de aplicación general del CTE, por lo que se entiende que este aspecto afecta notablemente al BT cuando estos se encuentren en contacto con el aire exterior en su cumplimiento del CTE.

En primer lugar, es necesario enumerar los distintos aspectos a tener en cuenta en este documento HS1 con respecto a las condiciones de diseño relativas a los elementos constructivos: muros, suelos, fachadas y cubiertas, de los cuales, sólo la fachada será evaluado en cuanto a muros de BT.

Fachadas

Estas condiciones, en el caso de las fachadas según el CTE DB HS vienen precedidas por el concepto de **grado de impermeabilidad**³⁶ exigido frente a la penetración de las precipitaciones. Se obtiene en función de la **zona pluviométrica de promedios**³⁷ y del **grado de exposición al viento**³⁸. Considerando el grado de impermeabilidad y el uso del revestimiento exterior, será posible obtener las **condiciones constructivas mínimas**.

³⁶**Grado de impermeabilidad:** número indicador de la resistencia al paso del agua característica de una *solución constructiva* definido de tal manera que crece al crecer dicha resistencia y, en consecuencia, cuanto mayor sea la sollicitación de humedad mayor debe ser el grado de impermeabilidad de dicha solución para alcanzar el mismo resultado. La gradación se aplica a las soluciones de cada *elemento constructivo* de forma independiente a las de los demás elementos. Por lo tanto, las gradaciones de los distintos elementos no son necesariamente equivalentes: así, el grado 3 de un muro no tiene por qué equivaler al grado 3 de una fachada. El grado de impermeabilidad se mide de 1 a 5 (Apéndice A. Terminología. CTE DB HS).

³⁷**Zona pluviométrica de promedios:** zona geográfica que engloba todos los puntos que tienen un índice pluviométrico anual. Se determina de I a V (CTE DB HS).

³⁸**Grado de exposición al viento:** Se determina mediante la zona eólica indicada con la letra A, B o C, la clase de entorno del edificio E1 y E0 y la altura del edificio. Se obtendrá un valor V1, V2 o V3 (CTE).

Productos

El comportamiento de los edificios frente al agua se caracteriza por las propiedades hídricas de los productos de construcción que componen sus cerramientos. La **hoja principal** de la fachada se define mediante (tabla 17):

Tabla 17. Características y métodos de ensayo exigibles al producto según CTE y UNE. Elaboración propia.

CTE DB HS - Características exigibles		Normativa de referencia según CTE	Según UNE 41410 :2008
Hoja principal	Absorción de agua por capilaridad [g/(m ² .s ^{0.5}) ó g/(m ² .s)];	UNE-EN 772-11:2011+A1:2016	UNE-EN 772-11:2011+A1:2016
	Succión o tasa de absorción de agua inicial [kg/(m ² .min)]; (en el caso de falta de revestimiento)	UNE-EN ISO 12572:2016	-
	Absorción al agua a largo plazo por inmersión total (% ó g/cm ³) ³⁹	UNE-EN 772-11:2011+A1:2016	-

Estas características exigibles son de especial importancia para los BT dada su vulnerabilidad. Como se explicaba en los apartados anteriores, algunos estudios de investigación evalúan la durabilidad de los bloques basándose en los ensayos estandarizados referentes a estas características. En este sentido se deben analizar las indicaciones seguidas por Cid y otros autores (Falceto, 2012; Jové Sandoval, Muñoz de la Calle, & Pahíno Rodríguez, 2011) los cuales indican los *ensayos de absorción de agua por capilaridad* y el de *absorción por inmersión total* como ensayos de especial relevancia.

Se considerará una pieza de **higroscopicidad baja** a aquella que tenga una **succión** igual o inferior a 4.5 Kg/m² min (Ministerio de Fomento, 2015). Por otro lado, Cid recalca que el CTE *considera que un bloque de hormigón para que sea visto, debe tener como valor máximo medio de los coeficiente de absorción de agua por capilaridad para un tiempo de aplicación de 10 minutos de 3 g/m² s o un valor máximo individual de 4,2 g/m² s* (Falceto, 2012). Además, la normativa UNE exige que los elementos a cara vista tengan determinado el coeficiente de absorción de agua por capilaridad (Aenor, 2008b).

Cabe recordar, en el apartado 4.1.2 de la normativa CTE DB HS1, cómo se hace referencia a los componentes de la hoja principal y los coeficientes de succión o el caso de la falta de revestimiento al material utilizado como **hoja principal**. Ya

³⁹Al igual que en el apartado a) es posible referirse a la norma UNE 41410:2008 ya que ésta no contempla los valores por inmersión total.

que se contempla la opción de realizar paramentos exteriores con BT, este debe ser certificado acorde a la UNE-EN ISO 12572:2016.

Si se analizan los posibles casos que puedan darse para la construcción con BT, en la actualidad, es inviable obtener un grado de exposición al viento de V1 debido a la limitación de altura del edificio con tierra. Los valores que se obtendrían serían V2 y V3. Aun así, el rango de posibilidades para el grado de impermeabilidad se encuentra entre 1 y 5. De manera general, un grado de impermeabilidad 5 se obtendría en una zona geográfica puntual: la sierra de Málaga, la zona norte del País Vasco y algunos puntos asturianos y gallegos. La solución constructiva en el caso de utilizar revestimiento exterior, hace posible la utilización del BT. El valor opuesto, es decir, un grado de impermeabilidad 1, se obtendrá en la costa Levantina y una pequeña localización de Aragón.

La mayoría de las localizaciones de los casos de estudio tienen un grado de impermeabilidad de 2 o 3 y adoptan la solución constructiva del uso de revestimiento exterior. Esto hace posible que mediante un revestimiento con resistencia media a la filtración se ejecuten los muros con BT. La clave está en la utilización del BT como única hoja o como hoja principal, en cuyo caso se necesita mayor cantidad de ensayos como se explicó con anterioridad (Falceto, 2012; Seisdedos, 2010). De todos los productos analizados, únicamente 3 de ellos han realizados ensayos referidos para el uso del BT como hoja principal (P4, P7 y P9).

Por último, en el **proceso de ejecución** deberán tenerse en cuenta y adaptar las condiciones de la hoja principal en cuanto a enjarjes, adherencia de la hoja principal con los pilares o forjados para evitar agrietamientos, las condiciones del revestimiento intermedio (en el caso de necesitarlo), del aislamiento térmico compatible con el BT y la necesidad o no de cámara de aire ventilada, así como la indicación de los puntos singulares a tener en cuenta. Así mismo, será importante no olvidar la determinación de las operaciones de mantenimiento y conservación de la composición junto con la periodicidad para el correcto funcionamiento a largo plazo de la solución constructiva.

En base a todo lo expuesto, se constata la existencia de varias líneas de investigación que analizan el cumplimiento del BT en la normativa actual. Se matiza en primer lugar, los criterios estructurales que favorecen el uso del BT en cuanto a resistencia mecánica a compresión si este supera los valores establecidos como BTC 5. Sin embargo, aún quedan muchos aspectos por desarrollar para el correcto cumplimiento del CTE DB SE. Por otro lado, tanto el adobe como el BTC, si sus entre

sus componente no contienen materiales innífugos, su utilización frente a los criterios frente al fuego es viable. En cuanto a los criterios térmicos, si bien es sabido, que el BT por si solo no cumple con las condiciones exigidas por el CTE. Será necesario complementar la composición de muros o del propio bloque con otros materiales que solventen dicho inconveniente mediante la utilización de aislamientos térmicos. Con respecto a los aspectos necesario para la humedad, esta deberá ser contemplada detenidamente. Los ensayos a realizar sobre el BT varían en función de la posición del mismo al igual que con cualquier otro material. Sin embargo, el BT es más vulnerable en estas situaciones llegando a incumplir dichos ensayos. Por último, los criterios frente al ruido no han sido estudiados suficientemente para ser mostrados y comparados con más productos.

3.6. ANÁLISIS DE LAS SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS EMPLEADAS EN ESPAÑA.

La recopilación de los datos obtenidos ha dado como resultado una visión global de la información aportada por los proyectos arquitectónicos de los inmuebles analizados. Además se ha podido realizar una comparativa tras recopilar las soluciones constructivas más utilizadas. El análisis de estas soluciones aportará datos y ayudará a la elaboración de la herramienta propuesta de evaluación.

En primer lugar, es necesario recalcar la **dificultad de obtención de información de los agentes**. No obstante, cabe indicar la colaboración de algunos fabricantes, quienes amablemente han contribuido a la aportación de datos.

En las encuestas realizadas a los agentes de la edificación, como se explicó con anterioridad, se les solicitó información sobre los **detalles constructivos** que se definían en los proyectos arquitectónicos. En este sentido, se ha obtenido una gran variedad de respuestas con respecto a las distintas soluciones que se adoptan, algunas con más definición que otras. Los proyectos arquitectónicos realizan secciones constructivas en las que se han definido, en la medida de lo posible, los distintos encuentros y descripción del BT. Han sido especialmente interesantes en este sentido proyectos como PAL-002, SEV-002, ALM-001, ALM-002 y BAR-002⁴⁰.

Si bien es cierto que, a pesar de la gran definición de algunos proyectos es inviable realizar una completa recopilación de todos los detalles constructivos dado que la información de muchos modelos no se encuentra completa y las definiciones son diversas. Así, por ejemplo, de las cuestiones marcadas en la encuesta a los proyectistas, no se han encontrado detalles o descripciones de rozas y huecos de instalaciones.

A continuación se recopilan algunos de los detalles que se definen en el proyecto arquitectónico basados en la encuesta realizada. Se aportan secciones constructivas del inmueble donde se muestran detalles constructivos relativos a:

- Encuentros de fachada con forjado
- Arranque de fachada desde cimentación (ver ALM-001, ALM-002, SEV-002, entre otros)
- Aleros y cornisas (ver SEV-002)

⁴⁰ Las fichas de los inmuebles pueden consultarse en el anexo B.

- Disposición de las hiladas (pero en sección) (ver PAL-002)

Y con menos definición en los proyectos o menos comunes:

- Enjarjes
- Encuentro de fachada con pilares
- Anclajes a fachada (ver BAR-002)
- Encuentros de fachada con carpintería

Sin definición en los proyectos:

- Antepecho y rozas
- Huecos de instalaciones
- Materiales compatibles

A continuación, se han analizado las soluciones constructivas comunes llevadas a cabo en los casos de estudio. Para ello, se estudian distintos elementos del muro de fábrica de BT entendido como cerramiento: composición del muro, cimentación, base del muro, huecos, acabados, coronación y recursos técnicos alojados en él.

Composición del muro

En los proyectos arquitectónicos se han encontrado 4 tipos de soluciones distintas (figura 19 a figura 23).

- 1) La primera de ellas (figura 19) perteneciente a PAL-002 está compuesta por un **cerramiento con varias capas**. En el exterior se sitúa una fábrica de ladrillo cerámico, a continuación el aislamiento térmico (aislamiento de plancha de corcho aglomerado de 40 mm fijado mecánicamente a hoja interior) y por último, el BTC sin revestimiento hacia el interior (datos extraídos del proyecto arquitectónico). Esta combinación hace que la capa exterior capte el calor del exterior y el BTC lo mantenga⁴¹. Por otro lado, este caso de estudio no posee revestimiento hacia el interior. Este hecho hace que, aunque la estética de la hoja interior resulte atractiva con la visión de los

⁴¹ Según los estudios aportados por Cavero y Jové (2013), el BTC por sí solo no asegura demandas energéticas menores a las de referencia en normativa. En dicho estudio, los autores concluyen que las soluciones en tierra se adaptan mejor a los climas de la zona A3, los cuales se corresponden a los veranos calurosos e inviernos menos fríos (Jové Sandoval & Cavero, 2013).

BTC, en caso de aportación de agua en las zonas próximas al cerramiento, éste pueda verse afectado. Por ejemplo, en el caso de extinción de incendios, entre otras posibilidades.

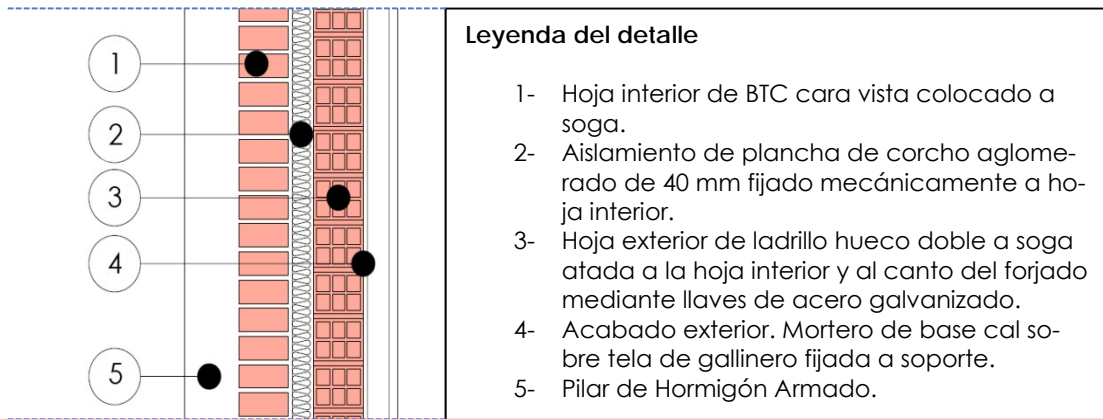


Figura 19. Cerramiento compuesto por varias capas (PAL-002) Fuente: Ignacio Vela Ciudad, Arquitecto del caso de estudio. Elaboración propia.

El siguiente caso de estudio (figura 20), también tiene una composición de varias capas aunque a diferencia del anterior, el BTC se coloca de manera verdugada y con revestimiento hacia el interior. Así mismo, este muro funciona como muro de carga a diferencia del anterior que, únicamente, actúa como cerramiento.

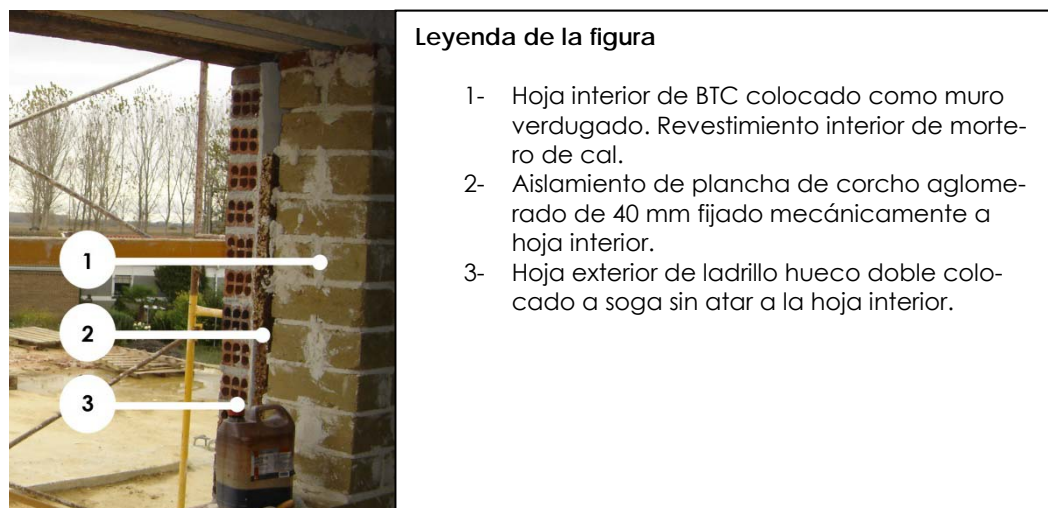


Figura 20. Composición del muro y hueco. PAL-003. Fuente: Jon Santibáñez. Elaboración propia.

En la solución descrita en BAR-002 (figura 21), también compuesto por varias capas, cabe destacar el anclaje entre las mismas. Este está realizado en

acero galvanizado. Otro modelo que ha utilizado este recurso ha sido el modelo PAL-002⁴².

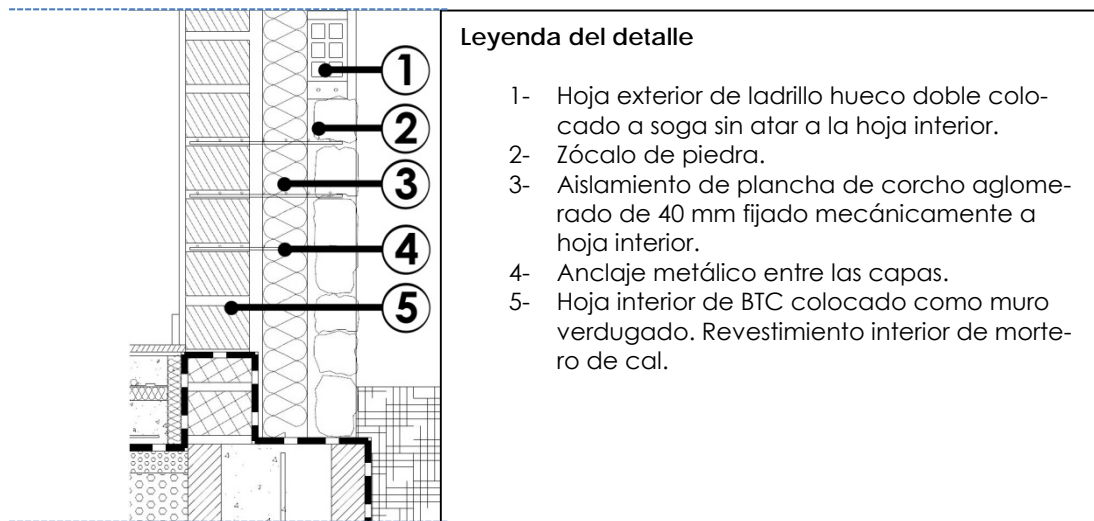


Figura 21. Anclajes en fachada (BAR-002). Fuente: David Pradas y Gabi Barbetá. Elaboración propia.

El caso de estudio BAL-001 presenta una composición del muro similar a BAR-002. La diferencia se encuentra en la utilización de una lámina impermeable – transpirable colocada en la cara exterior del BTC. En este caso la capa de aislamiento ha sido ejecutada con paneles de fibra de madera con un espesor de 18 cm como capa exterior.

- 2) En la segunda solución (figura 22), ALM-001 y en la mayoría de las soluciones constructivas donde se utiliza el producto del fabricante P4, hace que la tierra en combinación con ciertos **aditivos** como el cáñamo o fibras pueda mejorar las condiciones de confort interior, al funcionar como amortiguador de los cambios de temperatura. En este caso, **el BT se dispone en doble hilada verdugada**. García Casals asegura en su estudio (García Casals, 2003) que la implementación convencional de este material con juntas de mortero de cal no llega a satisfacer las necesidades térmicas para el cumplimiento de la normativa. Sin embargo, *el fabricante⁴³ dispone también de un mortero aislante en base a cal y fibras de cáñamo que permite reducir la conductividad térmica del muro permitiendo el cumplimiento del CTE en más emplazamientos climáticos* (García Casals, 2003). Otro ejemplo realizado como muro verdugado ha sido el caso de estudio

⁴² Recordemos que el anclaje de las distintas capas del cerramiento fue determinado en las encuestas como el detalle arquitectónico menos aportado en proyecto.

⁴³ García Casals hace alusión al fabricante denominado en este estudio como P4.

SEV-002, aunque en este caso el producto es el **adobe**. En general, estos cerramientos también actúan como muros de carga y las particiones, también se ejecutan con este producto.

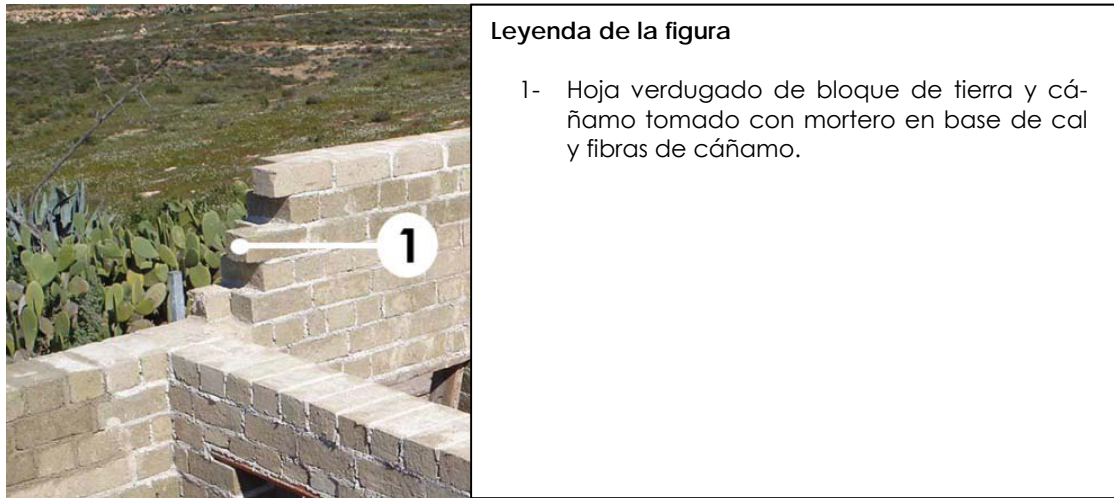


Figura 22. ALM-001. Composición de dos hiladas de BT. Fuente: Almudena Mateo-Sagasta. Elaboración propia.

- 3) En la tercera opción (figura 23), el BTC forma parte de un **muro trombe**⁴⁴. En este caso el BTC, debido a la alta capacidad de almacenamiento de calor favorece el funcionamiento del muro trombe. Esta solución no se llevó a construir (MAD-007), aunque ha sido objeto de estudio por su interés constructivo dada su correcta definición en el proyecto arquitectónico. Esta solución también ha sido adoptada en BAR-002 y MAD-006.

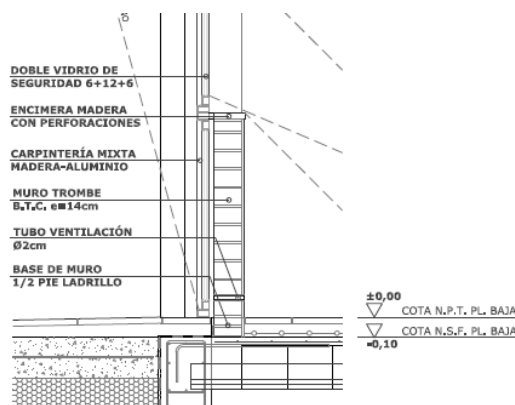


Figura 23. Composición del muro trombe MAD-007. Esta solución no se llegó a ejecutar aunque si ha sido considerada como caso hipotético. Fuente: Jorge Seisdedos.

⁴⁴El muro trombe es un muro orientado al sol, preferentemente al norte en el hemisferio sur y al sur en el hemisferio norte, que está constituido por materiales que acumulan calor debido a su masa térmica. En este sentido, el BT mejora su capacidad. Además posee una cámara de aire y un elemento anterior que puede ser vidrio. Éste se calienta y transmite el calor a la cámara y ésta a la fábrica. El aire se transmite al interior del inmueble por medio de huecos y a través del muro.

- 4) La última opción, el **BTC se sitúa como hoja exterior** (Figura 24). Esto se observa en algunos casos de la Comunidad de Madrid.

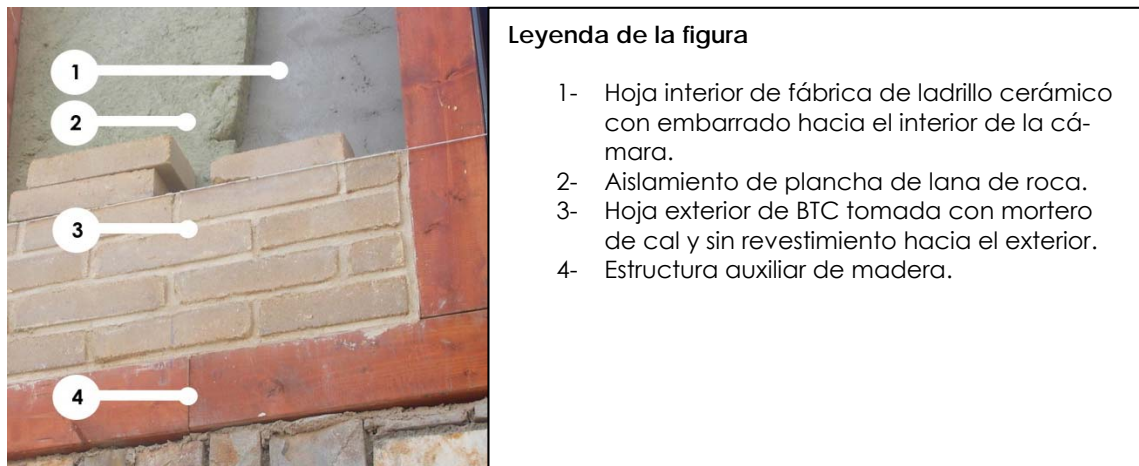


Figura 24. BTC hacia el exterior. MAD-005. Fuente: Jorge Seisdedos. Elaboración propia.

Es posible distinguir en todos los casos analizados varios tipos de muros diferenciando de si se trata de un **muro de carga** o si funciona simplemente como **envolvente**, así como la posición en la que se ubica el BT⁴⁵.

En este estudio se hará especial hincapié en el análisis de la **salubridad** (CTE DB HS 1) desde el punto de vista constructivo. El resto de cumplimientos de la normativa CTE se indicarán en la medida de lo posible dado que muchas de ellas requieren de un estudio más detallado y aplicación informática de otros aspectos del edificio que deben ser contemplados. Las afirmaciones que sugieren soluciones idóneas están apoyadas en los distintos estudios de investigación consultados.

La mayoría de los emplazamientos de los casos de estudio (tabla 18), tienen un grado de impermeabilidad de 2 o 3, a excepción de MAL-001 y HUE-001, que tienen un grado de impermeabilidad, 4 (CTE DB HS)⁴⁶. En este aspecto **será fundamental, la posición del BT y su posible revestimiento.**

⁴⁵ Es importante indicar, que las soluciones que se aportan son las halladas en los casos de estudio. Es posible la existencia de otras soluciones constructivas en España, aunque estas no han sido analizadas en este trabajo.

⁴⁶ Ver tabla 3. Casos de estudio en el apartado 3.4.

Tabla 18. Relación de códigos de los casos de estudio y sus características. Fuente: Elaboración propia.

Código	Zona pluviométrica	Zona eólica	G. de impermeabilidad	Tipo de terreno	BT como hoja portante (hoja principal)	BT en hoja exterior	Revestimiento hacia el exterior	Revestimiento hacia el interior
ALM-001	V	A	2	II	Si	Si	Si	Si
ALM-002	V	A	2	III	Si	Si	Si	Si
GRA-001	III	A	3	IV	No	No	No procede	Si
MAL-001	II	B	4	III	No	No	No procede	Si
SEV-001	III	A	3	III	Si	Si	Si	Si
SEV-002	III	A	3	IV	Si	Si	Si	No
SEV-003	III	A	3	V	No	No	No procede	Si
HUE-001	II	C	4	III	Si	Si	No procede	Si
ZAR-001	IV	B	2	IV	Si	Si	Si	Si
ZAR-002	IV	B	2	III	Si	Si	Si	Si
BAL-001	III	C	3	IV	Si	No	No procede	Si
PAL-001	III	B	3	III	Si	Si	Si	Si
PAL-002	III	C	3	IV	No	No	No procede	No
PAL-003	III	C	3	IV	Si	No	No procede	Si
SEG-001	IV	A	3	III	No	Si	No procede	Si
BAR-001	III	C	3	IV	Si	Si	Si	Si
BAR-002	III	C	3	III	Si	Si	Si	Si
GER-001	III	C	3	III	Si	No	No procede	Si
GER-002	III	C	3	III	Si	No	No	Si
MAD-001	IV	A	3	II	No	No	No procede	No
MAD-002	IV	A	3	III	Si	Si	No	Si
MAD-003	IV	A	3	III	Si	Si	No	Si
MAD-004	IV	A	3	III	Si	Si	No	Si
MAD-005	IV	A	2	IV	No	Si	No	No procede
MAD-006	IV	A	2	IV	No	No	No procede	Si
MAD-007	IV	A	2	IV	Si	Si	No	No procede
MAD-008	IV	A	3	III	Si	Si	No procede	Si
MAD-009	IV	A	2	V	Si	Si	Si	Si
ALI-001	III	B	3	IV	Si	No	No procede	Si

Los modelos más afectados por el cumplimiento del apartado de Salubridad serán los modelos que consideren el **BT como hoja principal**⁴⁷. Es el caso de los modelos analizados: ALM-001, ALM-002, SEV-001, SEV-002, HUE-001, ZAR-001, ZAR-002, BAL-001, PAL-001, PAL-003, de MAD-002 a MAD-009, SEG-001, BAR-002, GER-002 y ALI-001.

Todos aquellos proyectos arquitectónicos que deseen utilizar el **BT como hoja principal** deberán realizar los *ensayos de absorción de agua por capilaridad* y el *ensayo de absorción por inmersión total* y cumplir con los valores mínimos establecidos para succión y tasa de absorción de agua inicial (UNE 41410:2008 y CTE), así como aumentar la definición del uso del BT como elemento estructural y las exigencias que sean necesarias en función del uso del edificio.

⁴⁷ Se entiende como **hoja principal** aquella hoja de una fachada cuya función es la de soportar el resto de las hojas y componentes de la fachada, así como, en su caso desempeñar la función estructural.

En particular, otro aspecto relevante a destacar sobre el cumplimiento de la salubridad será el uso de **revestimiento exterior**. Algunos casos de estudio lo consideran (si el BT se encuentra en la capa exterior) a excepción de los ejecutados en la Comunidad de Madrid (MAD-002, MAD-003, MAD-004, MAD-005 y MAD-008).

Así mismo, será necesario atender a las siguientes condiciones de las soluciones constructivas (CTE DB HS 1) en relación a los grados de impermeabilización de los casos de estudio:

Si la fachada está realizada **con revestimiento**⁴⁸ se atenderá al:

- Espesor (C1/C2)⁴⁹.
- Revestimiento con resistencia media (R1).
- Resistencia a la filtración de la barrera contra la penetración de agua (B1) hasta grado de impermeabilidad 3: Cámara de aire sin ventilar o aislante no hidrófilo colocado en la cara interior de la hoja principal.

En este caso, la mayoría de los resultados obtenidos en los modelos analizados (grado de impermeabilidad 2-3), que optan por un cerramiento con varias capas posibilitando el cumplimiento de los requisitos. Ejemplo: MAD-001. En cambio, en aquellos casos en los que se ha optado por un cerramiento compuesto por muro verdugado únicamente, se plantean dudas acerca del cumplimiento del requisito de resistencia a la filtración de la barrera contra la penetración de agua dado que no se dispone de cámara de aire ni de aislante en la composición del muro. Debe ser estudiado con detenimiento qué ha sido considerado en cada caso de estudio como B1.

Si el grado de impermeabilización que se pretende es mayor, aumentan las condiciones de las soluciones constructivas por lo que se dificulta el cumplimiento si no se trata de un cerramiento compuesto por varias capas.

Por otro lado se encuentran las prescripciones para las fachadas **sin revestimiento**:

- Resistencia a la filtración de la barrera contra la penetración de agua (B1/B2).
- Espesor (C1/C2).

⁴⁸ Las condiciones de las soluciones constructivas deben ser estudiadas con detenimiento en cada uno de los casos. El CTE propone soluciones distintas que podrán ser adecuadas de varias maneras.

⁴⁹ Según CTE DB HS.

- Higroscopicidad del material (H).
- Resistencia a la filtración de las junta entre las piezas (J).
- Resistencia a la filtración del revestimiento intermedio en la cara interior de la hoja principal (N).

En esta situación, sólo se encontrarían los casos de los BT expuestos de la Comunidad de Madrid en los que es fundamental disponer de los ensayos pertinentes (Higroscopicidad del material – H) para el uso del BT colocados al exterior. Los BT utilizados cuentan con los ensayos necesarios para el cumplimiento. En cambio, será necesario revisar el espesor considerado y, en algunos casos, la resistencia a la filtración del revestimiento intermedio en la cara interior de la hoja principal y a que el cerramiento se ha desarrollado con una única hoja. Para ello se distingue en las soluciones aportadas en MAD-005 y entre MAD 002-003-004. El primero de ellos se desarrolla en varias capas y el segundo caso, el cerramiento sólo posee una hoja con BT y en ambos casos están expuestos (figura 25).



Figura 25 MAD-002, MAD-003 y MAD-004. Fuente: Jorge Seisdedos.

Los dos únicos casos que se encuentran con grado de impermeabilidad 4 son los modelos MAL-001, que tiene el BT como hoja interior, y HUE-001. El modelo HUE-001 posee dos hiladas de BT con revestimiento. En este caso será necesario atender al espesor y a la resistencia a la filtración de la barrera contra la penetración de agua, dado que esta solución no aporta cámara de aire ni aislamiento no hidrófilo, será necesario estudiar con detenimiento dicho cumplimiento.

A efectos **térmicos** se destaca, en el modelo BAR-002, la doble composición de muro. Los muros orientados al sur son de 30 cm de BTC, dispuestos en dos hojas separadas para aprovechar las máximas prestaciones de la acumulación térmica. En cambio, en los muros de la fachada norte se combina la inercia con el aislamiento ejecutándose una hoja interior de 15 cm, cámara de aire de 3 cm, aislamiento de 10 cm y hoja exterior de BTC de canto (todas unidas por conectores) (Barbeta Solà, 2010).

Cimentación

Houben y Guillaud en el *Tratado de construcción con tierra* proponen que, sólo en el caso de terrenos secos y bien drenados, puede ser utilizado BTC estabilizado sobre hormigón de limpieza u otros sistemas que lo mejoren (Houben, 1995). También ponen de manifiesto esa propuesta en el Manual de Concepción y construcción del BTC (Guillaud et al., 1995).

De todas las experiencias reales aportadas para este estudio, ninguna ejecuta la cimentación del inmueble con elementos de tierra. Casi todos los casos analizados realizan la cimentación con hormigón armado. A excepción de MAL-001 que fueron ejecutados pozos donde insertar soportes de madera.

Muchos de los inmuebles tienen una sobrecimentación que eleva el comienzo del muro de BT. Esta sobrecimentación en algunos casos se ejecuta con rocas angulosas tomadas con mortero de cal o por medio de ladrillo cerámico o bloque especial (MAD-002-003-004). En el caso del modelo SEV-001 (figura 26), el muro de BT se sitúa 1 m por encima de la sobrecimentación. Otra solución constructiva, como es el caso de SEV-002 (figura 27), posee un forjado sanitario que adosa a la sobrecimentación elevando el inmueble por encima de la cota del terreno.



Figura 26. Sobrecimentación SEV-001. Fuente: Autor.

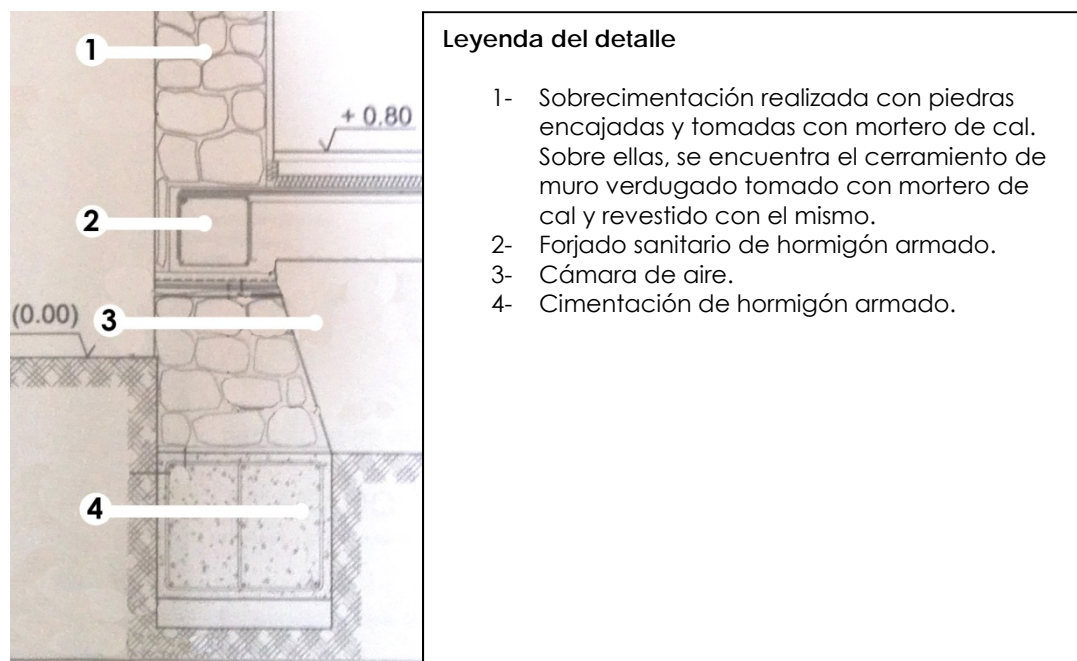


Figura 27. Cimentación y base del muro (SEV-002). Fuente: Autores del proyecto arquitectónico⁵⁰. Elaboración propia.

Base del muro

La base del muro es una localización conflictiva debido a las posibles lesiones que pueden generarse. En primer lugar, a causa de la posible ascensión capilar del agua, todos los proyectos arquitectónicos definen una barrera impermeabilizante situada por encima de la cimentación y lugar de apoyo del muro. En algunas

⁵⁰ No se ha localizado a los arquitecto del proyecto de ejecución SEV-002 dado que los propietarios tenían un extracto del mismo donde no aparecían los nombres.

ocasiones, tal y como se explicaba en el apartado de cimentación, el muro se eleva para evitar el contacto con el suelo, en cuyo caso la barrera impermeabilizante también puede ir elevada como puede observarse en el modelo BAR-002 (figura 28). Esta última aportación constructiva disminuirá el contacto del BT con el agua. Es importante señalar que el revoco exterior no llegue al suelo para evitar problemas de ascensión capilar. Esta afirmación se realiza en el modelo BAR-002.

Otra solución hallada es la de ALM-001 (figura 29), la cual sitúa la lámina impermeabilizante sobre la cimentación y, a continuación, realiza un pequeño zócalo de bloques de hormigón para evitar el contacto directo del muro de BT con el suelo.

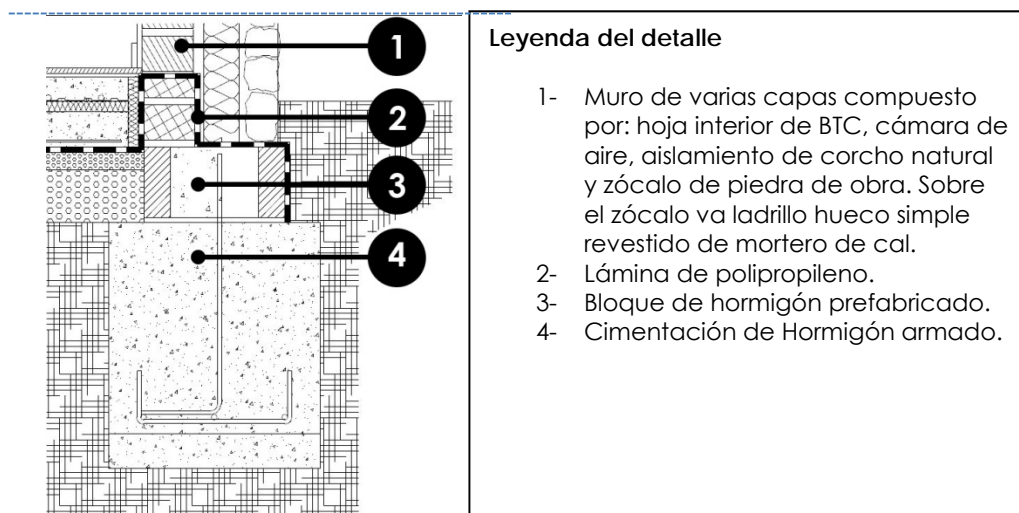


Figura 28. Base del muro. BAR-002. Fuente: Gabriel Barbetá y David Pradas Ruiz. Elaboración propia.

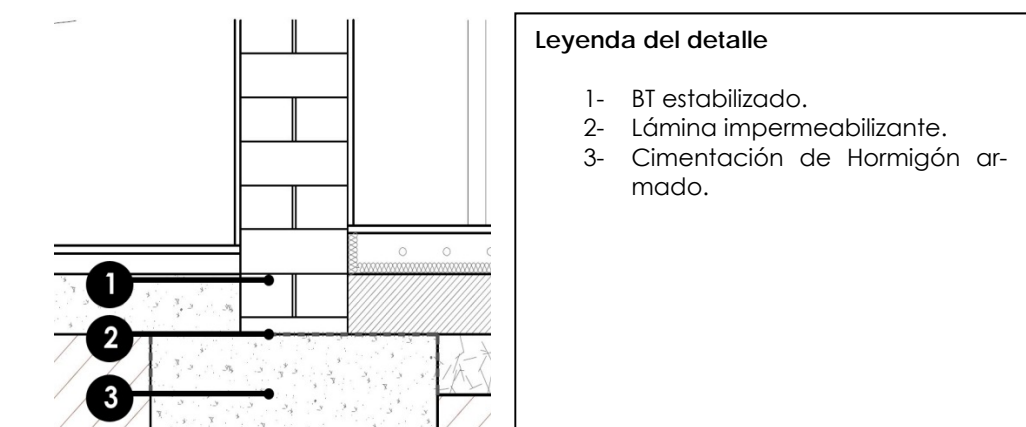


Figura 29. Base del muro. ALM-001. Lámina con EPDM. Fuente: Almudena Mateo-Sagasta. Elaboración propia.

Esta última solución también se aporta en BAL-001 (Figura 30) y MAD-002-003-004 (Figura 31):



Figura 30. Elevación del muro por medio de bloques cerámicos. BAL-001. Fuente: Eduardo Ramos (Ecocreamos).



Figura 31. Elevación del BT. MAD-002. Utilización de ladrillo cerámico. Fuente: Jorge Seisdedos.

Se puede indicar otra solución aportada basada en la elevación de la cimentación mediante un muro de hormigón armado en PAL-002 (Figura 32):

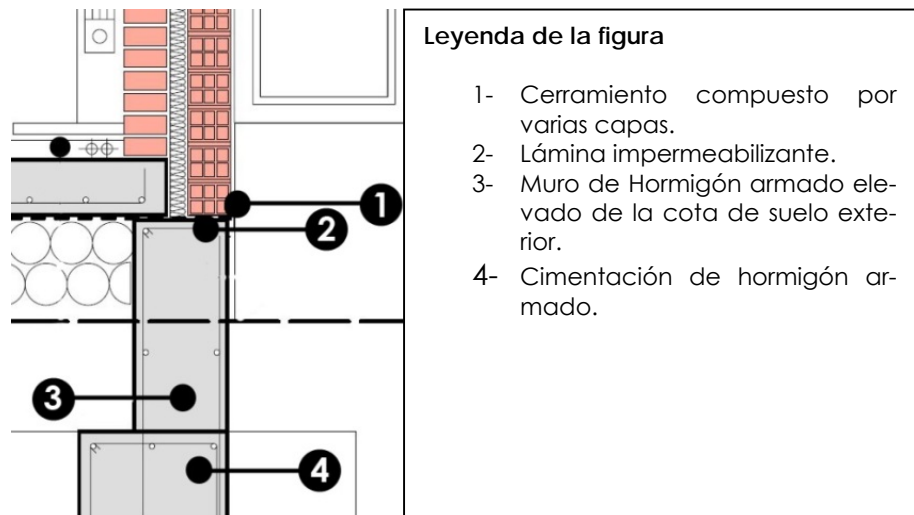


Figura 32. Base del muro. PAL-002. BT por el interior y apoyado en la solera. Fuente: Ignacio Vela Ciudad. Elaboración propia.

En todas las soluciones constructivas aportadas, al igual que en otros materiales, el cerramiento debe ser elevado con respecto de la cota del terreno y cimentación. De manera complementaria, es necesaria la utilización de barrera impermeabilizante que, junto con la elevación o la estabilización del bloque, eviten la ascensión capilar.

Huecos

La disposición de los huecos, como en cualquier otro material, supone una definición relevante en el proyecto arquitectónico en todos los requerimientos. En primer lugar, sus dimensiones y disposición vienen determinadas por la solución constructiva definida con el muro.

Es posible discernir distintas soluciones constructivas y materiales que lo componen. Algunas optan por disminuir el uso del hormigón en los inmuebles por lo cual, los **dinteles se ejecutan con madera** (ZAR-002, MAL-001, PAL-001, entre otros, figura 34) en otros inmuebles se define el dintel con **hormigón prefabricado** (ALM-001 - figura 33). Tanto el uso de la madera como el hormigón prefabricado, en todos los inmuebles analizados, se amplían con respecto a las dimensiones del hueco para transmitir correctamente las cargas que este soporta.

Otra solución aportada es el uso del propio BT para la definición de la zona superior del hueco. Para ello, se realiza dicho espacio por medio de un arco como es el caso de ALM-001 (figura 35).

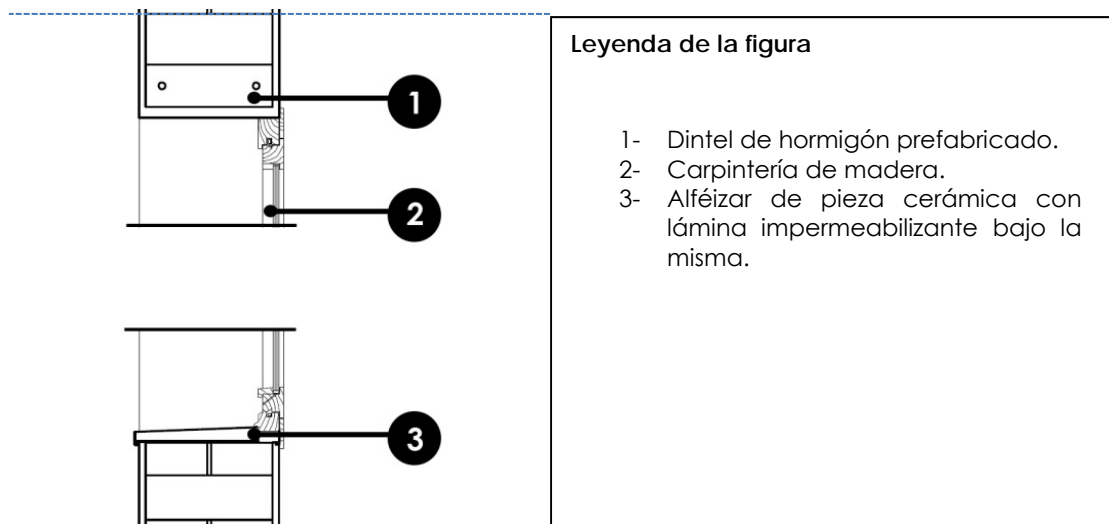


Figura 33. Huecos ALM-001. Dintel de hormigón prefabricado. Fuente: Almudena Mateo-Sagasta. Elaboración propia.



Figura 34. Huevo ZAR-002. Dintel de madera que sobrepasa las dimensiones del hueco y alféizar de pieza cerámica. Fuente: Petra Jebens-Zirkel.



Figura 35. Huevo con BT. ALM-001. Fuente: Almudena Mateo-Sagasta.

En las **jambas**, algunos inmuebles han utilizado bloques estabilizados o piezas especiales para el anclaje de la carpintería. En particular, en PAL-002 se ha utilizado un repellido de mortero de cal para el anclaje del premarco (figura 36).



Figura 36. Premarco con anclaje a las jambas. Fuente: Jon Santibáñez y propietario del inmueble.

En el caso del **alféizar**, en todos los casos analizados, si el hueco no llega hasta el suelo, se ha colocado una pieza cerámica que vuela con respecto al cerramiento (figura 37). En otros casos, se ha utilizado piedra natural para la definición del alféizar (figura 34).

Todas las soluciones, tal y como se desarrolla con otros materiales en el cerramiento, han volado las piezas utilizadas como alféizar para evitar que el cerramiento se

vea afectado por el agua. Cuando la pieza cerámica es utilizada, es común el uso de goterón.

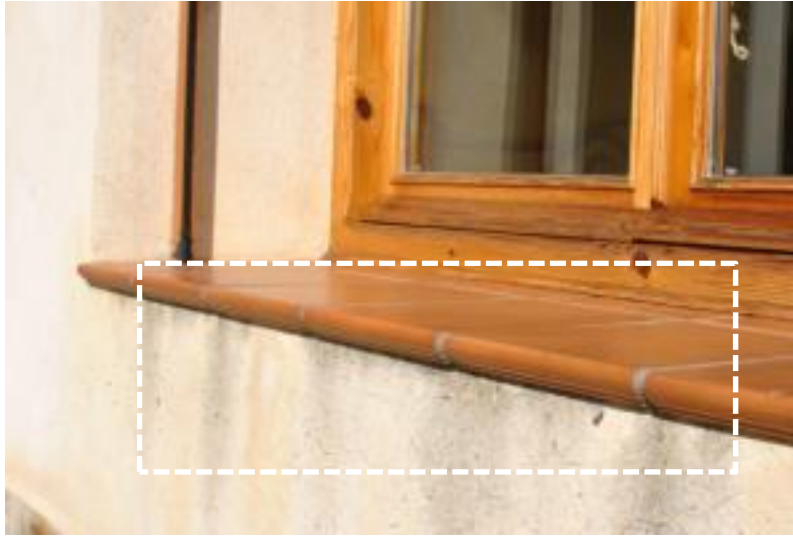


Figura 37. Huecos SEV-002. Alféizar de pieza cerámica con goterón. Fuente: Imagen propia.

En la **definición del hueco** en el cerramiento, se señala el modelo BAR-002, en el que se definen todos los aspectos referidos al hueco de manera muy detallada tanto para la fachada norte como para la sur (figura 38 y figura 39).

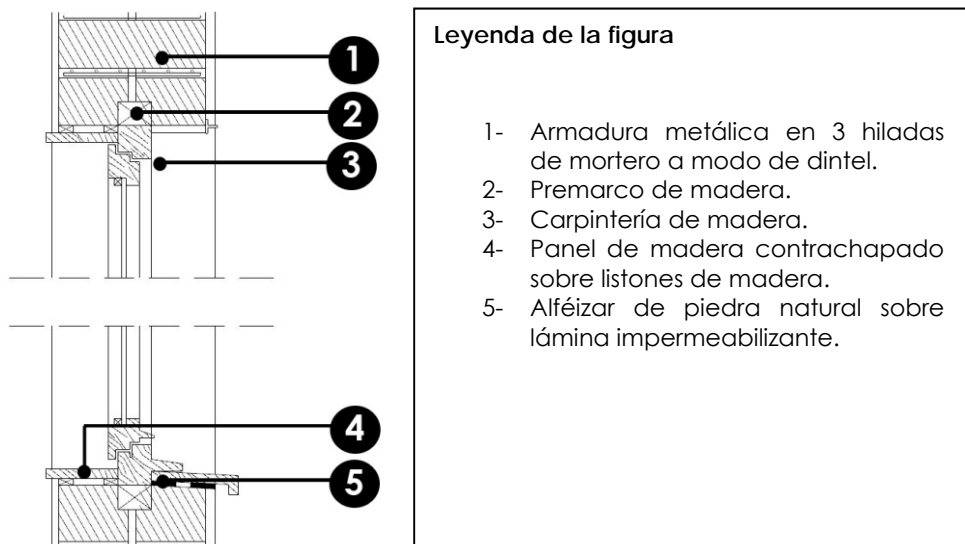


Figura 38. Fachada Sur. Hueco. BAR-002. Fuente: Gabriel Barbetá – David Pradas Ruiz. Elaboración propia.

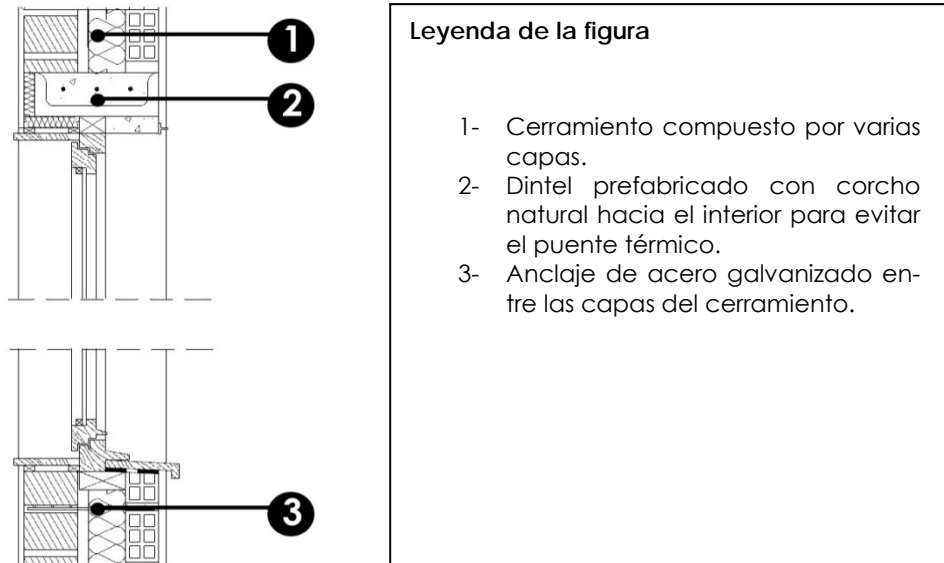


Figura 39. Fachada Norte. Hueco. BAR-002. Fuente: Gabriel Barbetá – David Pradas Ruiz. Elaboración propia.

Acabados

En los acabados **exteriores** es de señalar la definición de ALM-001, que consiste en un revestimiento de dos capas de mortero de **cal aérea**, una primera capa realizada con una dosificación 1:2:5 utilizando arena, y una segunda capa con dosificación 1:2, donde la parte de arena es sustituida por dos granulometrías distintas de marmolina en proporciones iguales. En el resto de los modelos se dan soluciones basadas en acabados con mortero de cal, como es el caso de ALM-002, MAL-001, PAL-001, PAL-002 y GER-002.

Otra solución aportada es un enfoscado de mortero de tierra y paja en SEV-002, o bien se opta por no revestir como ocurre en los modelos de MAD-001, MAD-002, MAD-003, MAD-004, MAD-005 y MAD-006.

En el **interior**, suele darse también el caso de la utilización de mortero de cal con algunas variantes, como es el caso de PAL-001 donde se utiliza paja junto con la cal.

Se destaca en ALM-001 que en los baños coloca mortero de cal en dos capas y le añade una tercera en proporción 1:1 donde la marmolina es de la granulometría más fina y se forma un estucado liso e impermeable. Además, se le añadió una disolución de jabón de coco. Esta información ha sido obtenida de la Revista Ecohabitar N°31 (Ecohabitar, 2004). Es posible encontrar casos de BT a cara vista en el interior como sucede en GRA-001 o PAL-002.

Pero no siempre se han definido correctamente las soluciones constructivas; de hecho, en SEV-002 (figura 40), en la zona húmeda hay humedades de capilaridad y, debido a la falta de ventilación, también aparecen humedades de condensación. Este espacio debería haber sido pensado de otra forma para evitar la acumulación de agua en la zona de la ducha mediante la aportación de otras soluciones constructivas.



Figura 40. Zona inferior de la ducha. SEV-002. Fuente: Autor.

Recursos técnicos

En los modelos escogidos destacamos la definición de la instalación de los recursos técnicos en el artículo de la arquitecta Monika Brümmer en la revista Ecohabitar (Ecohabitar, 2004) donde se indica que *para evitar dilataciones, las tuberías en paredes están cubiertas con un revoco armado con cáñamo de 5 cm de espesor que además tiene características de almacenamiento térmico muy parecidas al Cannabric.*

En el caso de BAL-001, el sistema de conductos de la instalación eléctrica se encuentra embedido entre el aislamiento y la fábrica de BTC. Se hacen huecos estratégicamente proyectados para la colocación de interruptores, enchufes y empalmes. También embedido en la solera (información obtenida del artículo técnico de Ecocreamos alojado en su sitio web).

Coronación

Soluciones con cubierta inclinada. En PAL-001, se realiza el zunchado por medio de vigas de madera unidas con cola de milano a las viguetas del forjado. De esta manera se evitan los empujes horizontales y se asegura el arranque de los muros superiores (figura 42). Para evitar el empuje de la cubierta inclinada sobre la cabeza de los muros, se realiza un atirantado con vigas de madera en los hastiales (González et al., 2003). De igual manera, para evitar en SEV-002 el empuje de la cubierta inclinada sobre el muro, se sitúa una viga de madera en la coronación (figura 42). Cabe destacar que el apoyo de la cubierta debe centrarse con respecto al muro, tal y como se muestra en las imágenes aportadas.

Así mismo, hay otras soluciones, como es el caso HUE-001, la cual debido a su situación sísmica, incorpora un zunchado de hormigón armado en todo el perímetro (Figura 41) que en algunos casos de estudio lo han utilizado como dinteles de los huecos (MAD-009).

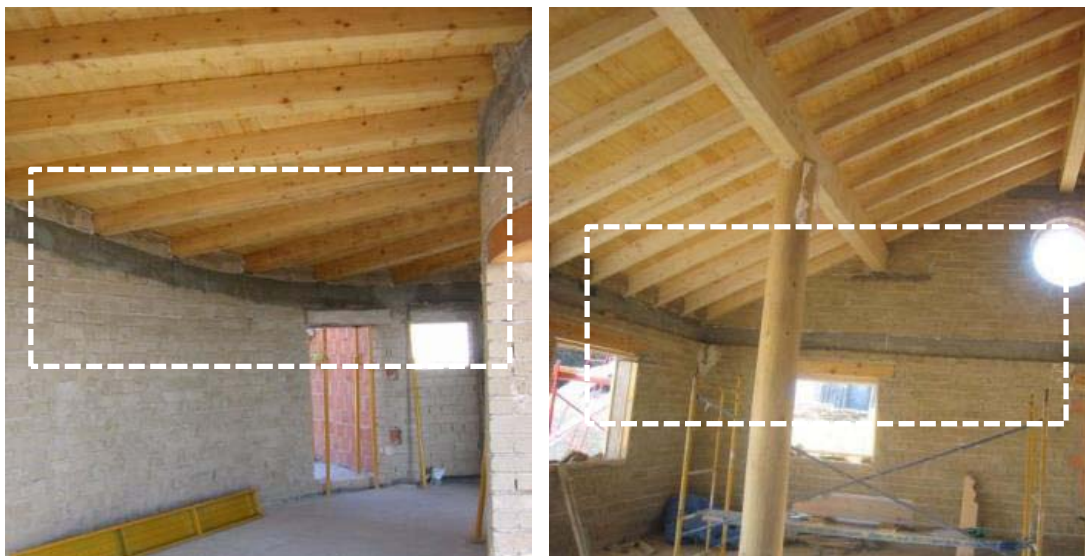


Figura 41. Coronación ZAR-002 y HUE-001. Apoyo en viga perimetral de hormigón armado de la cubierta. Fuente: Petra Jebens- Zirkel.

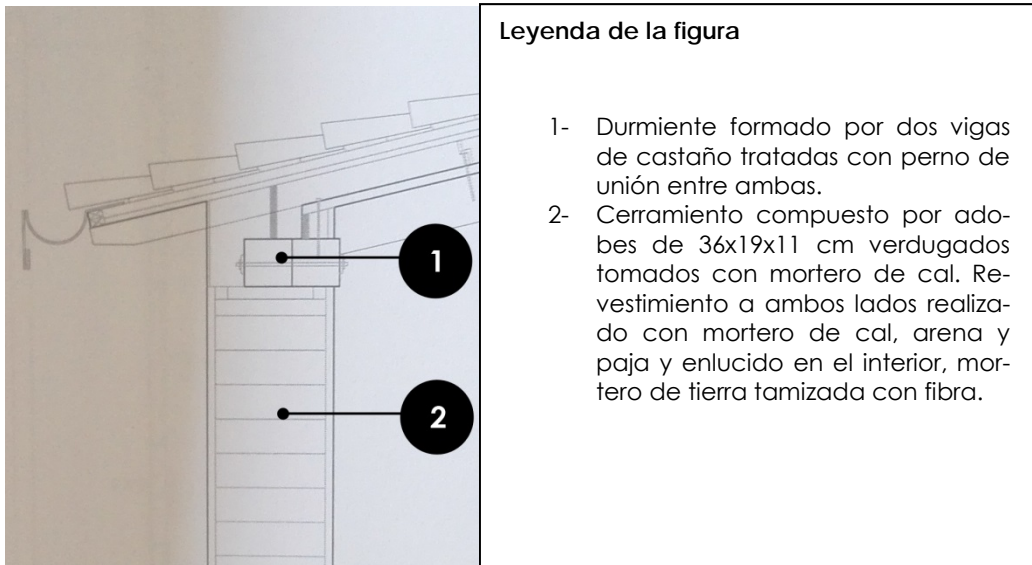


Figura 42. Coronación. SEV-002. Detalle del apoyo de cubierta con muros de carga. Fuente: Autores del proyecto. Elaboración propia.

Soluciones con cubierta plana. Las soluciones constructivas para el apoyo de una cubierta plana se realizan de igual manera que para otro material. Ver ALM-001 – figura 43.

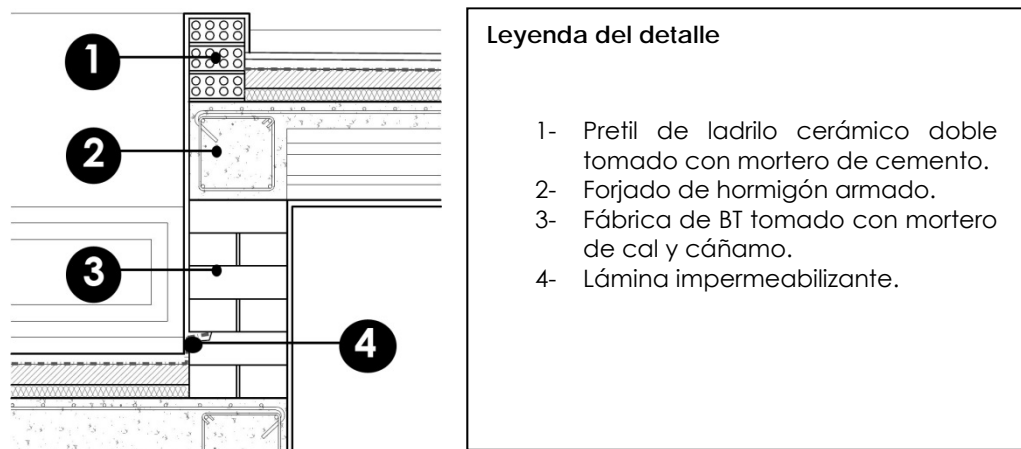
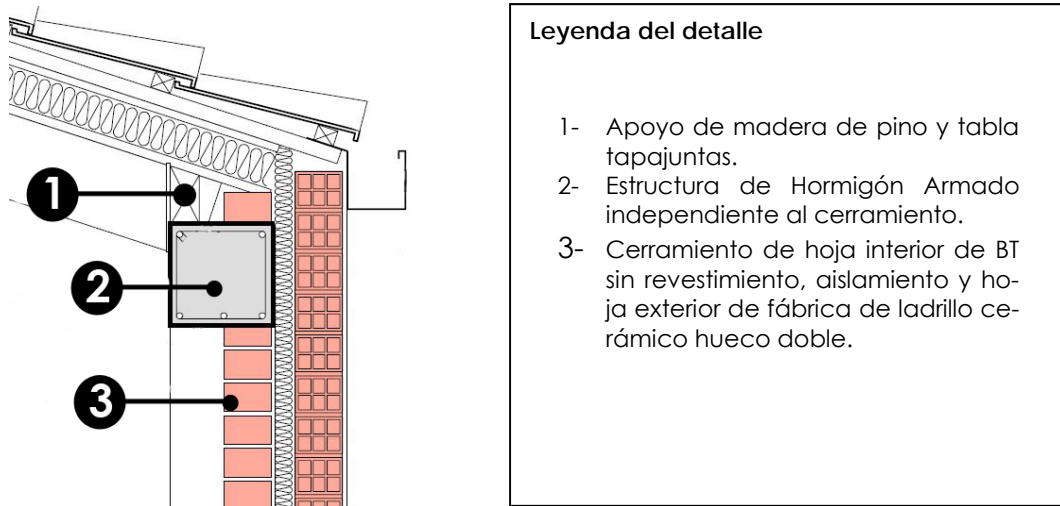


Figura 43. Coronación. ALM-001. Enlace con forjado de cubierta. Fuente: Almudena Mateo-Sagasta. Elaboración propia.

Para un correcto funcionamiento térmico del edificio y evitar los puentes térmicos, al igual que ocurre cuando se emplean otros materiales, se destaca la solución constructiva de PAL-002. En esta, la capa exterior del cerramiento se sitúa independientemente de la estructura. El cerramiento está compuesto por fábrica de ladrillo cerámico al exterior, aislamiento y BT en el interior. Ambos elementos se conectan por medio de anclajes metálicos (figura 44).



Leyenda del detalle

- 1- Apoyo de madera de pino y tabla tapajuntas.
- 2- Estructura de Hormigón Armado independiente al cerramiento.
- 3- Cerramiento de hoja interior de BT sin revestimiento, aislamiento y hoja exterior de fábrica de ladrillo cerámico hueco doble.

Figura 44. Coronación. PAL-002. Apoyo de la cubierta en estructura independiente al cerramiento.
Fuente: Ignacio Vela Ciudad.

Otros casos de estudio vuelan la cubierta para realizar una protección efectiva sobre la fachada, es el caso MAD-02-03-04 (figura 45).



Figura 45. Protección efectiva. MAD-002. Cubierta volada.

Para concluir este capítulo, se reitera que los casos de estudio han aportado al trabajo **una visión general de parte de la construcción realizada con BT en España**. Las distintas soluciones constructivas contribuyen al conocimiento, no sólo para este trabajo, sino para realizar un breve catálogo de opciones disponibles para el uso del producto y cómo han evolucionado en el tiempo.

Los muros podrán ser clasificados en función de los **ámbitos analizados** tal y como se han agrupado en el análisis de este apartado 3.6:

- Muros con cimentación de hormigón armado u otro material.
- Muros con una composición basada en varias capas, en una sola que se ejecuta con un aparejo verdugado del BT o con sistemas mixtos.
- Muros con o sin huecos.
- Muros con acabados exterior, interior o sin ellos.

Además, en particular para la composición del muro, estos se pueden agrupar en función de la **posición del BT, del uso del inmueble y si posee revestimiento** (Tabla 19):

Tabla 19. Casuística de tipos de muros en función de la posición del BT, del uso del inmueble y si posee revestimiento. Elaboración propia.

Tipo	Características
Tipo 1	Fábrica ejecutada con BT, colocada en el interior de varias capas, sin revestimiento y para uso residencial.
Tipo 2	Fábrica ejecutada con BT, colocada en el interior de varias capas, sin revestimiento y otro uso que no sea residencial.
Tipo 3	Fábrica ejecutada con BT, colocada en el interior de varias capas, con revestimiento y otro uso cualquiera.
Tipo 4	Fábrica ejecutada con BT, colocada en el exterior de varias capas, sin revestimiento y otro uso cualquiera.
Tipo 5	Fábrica ejecutada como hoja principal o única hoja con BT, con revestimiento en ambas caras y cualquier uso del inmueble.

Una vez analizado un segmento significativo de inmuebles con BT y examinado el marco específico del producto, es posible determinar ciertos aspectos constructivos que ayuden a mejorar futuros proyectos arquitectónicos que apuesten por el BT como parte del mismo. Mediante dichos aspectos o determinaciones basadas en la durabilidad del producto y su clasificación por medio de los indicadores, será posible la definición del Estudio de Viabilidad constructiva.

Capítulo 4

Determinaciones de los aspectos constructivos del bloque de tierra. Indicadores.

Previo al desarrollo del EVC y dentro de la segunda fase de la investigación, es necesario considerar un capítulo que refleje determinaciones constructivas para el uso de BT en la construcción. En consecuencia, este capítulo se estructura en función de la calidad del producto entendido como la información de las cualidades constructivas del BT, los requisitos constructivos y las acciones externas que actúan sobre el BT. Por último, las determinaciones se clasifican y exponen mediante el uso de los indicadores.

4.1. Calidad del producto.....	116
4.1.1. Propiedades geométricas	116
4.1.2. Propiedades físicas	123
4.1.3. Propiedades químicas.....	129
4.2. Los requisitos constructivos	134
4.2.1. Seguridad.....	134
4.2.2. Habitabilidad	142
4.3. Acciones externas que afectan al bloque de tierra	151
4.3.1. Acciones físicas.....	152
4.3.2. Acciones mecánicas.....	155
4.3.3. Acciones químicas.....	160
4.4. Indicadores.....	160
4.4.1. Contexto normativo.....	160
4.4.2. Propuesta de indicadores basados en los aspectos constructivos	165

4. DETERMINACIONES DE LOS ASPECTOS CONSTRUCTIVOS DEL BT. INDICADORES.

De manera general, la **durabilidad de una fábrica** según el CTE y analizado por Cid se define como *la capacidad para soportar, durante un período de servicio para el que ha sido proyectado el edificio y con la composición, propiedades, comportamiento de los materiales, las condiciones físicas y químicas a las que estará expuesto.*

Soronis determina que la durabilidad requiere de un conocimiento de las propiedades de los materiales y su comportamiento en el tiempo. De hecho, manifiesta que uno de los problemas del deterioro de los edificios es la falta de tiempo por parte de los diseñadores para el estudio de los materiales y su interacción con la naturaleza en los proyectos arquitectónicos (Soronis, 1992). Afirma que el concepto de la durabilidad en un edificio está asociado a todos los agentes de la edificación que participan en él. Cada persona tiene un rol en este campo. Así mismo, con respecto a las partes de un edificio, la envolvente estará relacionada con la interacción de la naturaleza y el interior con el uso por parte del ser humano.

Monjó Carrió indica que la durabilidad de un producto de construcción es *la capacidad para mantener su funcionalidad constructiva sin alteración durante su vida útil* y esta debe establecerse en función del análisis de su vulnerabilidad (Monjó Carrió, 2007). Añade que la vulnerabilidad de un producto depende de ciertas condiciones que afectan al elemento constructivo como son *la calidad, su funcionalidad constructiva y las acciones externas.*

Estos tres aspectos Soronis los describe como cuatro factores de especial relevancia: la funcionalidad del edificio, la interacción con la naturaleza (mediante su localización, los factores meteorológicos, biológicos, incompatibilidades, factores de estrés, entre otros), los materiales que lo componen y el conocimiento de los mismos y, por último, la economía.

En particular, para la tierra cruda algunos autores como Kerali han evaluado el BTC (Kerali, 2005) y cómo este se comporta frente a los agentes externos en función de su posición en la fábrica, su elevación, orientación y edad del edificio. Otros autores determinan la durabilidad del producto frente al agua, como es el caso de la propuesta de ensayos de erosión (Cid-Falceto, Mazarrón, & Cañas, 2012; Jové Sandoval et al., 2011).

En la síntesis de los factores descritos, se desarrollan 3 bloques de estudio donde se clasificarán las determinaciones constructivas:

- En primer lugar, se trata de **la calidad del producto** como el conjunto de información sobre sus características en un momento determinado y definido en producción y proyecto.
- En segundo lugar, los **requisitos constructivos** como conjunto de "misiones" constructivas que se le encargan al producto (estabilidad estructural y habitabilidad).
- Y por último, el conocimiento de las **acciones externas** que afectan al inmueble (acciones mecánicas, físicas y químicas).

4.1 CALIDAD DEL PRODUCTO

El bloque de estudio relacionado con la calidad del producto se centra en el conocimiento sobre el BT, tanto del BTC, mayormente, como del adobe. Este se basa en las características del producto (físicas, químicas y mecánicas), en particular las determinadas por la UNE 414108:2008 para el BTC, algunos ensayos conocidos y aportaciones de las fuentes bibliográficas. Pero, fundamentalmente, la difusión sobre la información requerida al producto.

4.1.1. PROPIEDADES GEOMÉTRICAS

DIMENSIONES Y FORMA DEL BT

Como se indicaba en apartados anteriores, el **BT** es una pieza, generalmente en forma de **paralelepípedo rectangular o forma prismática**, de dimensiones variables en función del molde donde se elabore.

La tradición de la producción de los BTC ha adoptado, principalmente, dimensiones compatibles con un peso unitario de orden de **6 kg a 8 kg** y la posibilidad de realizar muros de 15,30 o 45 cm de espesor (Guillaud et al., 1995). En base a ello, **las dimensiones más recurrentes oscilan entre 29 cm de largo y 14 cm de ancho, variando su espesor desde 5 cm hasta 20 cm.**

Hay 4 tipos de bloques de tierra utilizados y que deben su forma a la función para la que están hechos:

- Bloques macizos
- Bloques huecos
- Bloques alveolares
- Bloques encajados

Hay que mostrar la existencia de investigaciones llevadas a cabo donde se describen, de manera general, posibles hendiduras o relieves que mejoran las características sísmicas, de adherencia con el mortero o ejecución del muro (figura 46) (Agustin, Mellace, Regional, & Cruda, 2008).

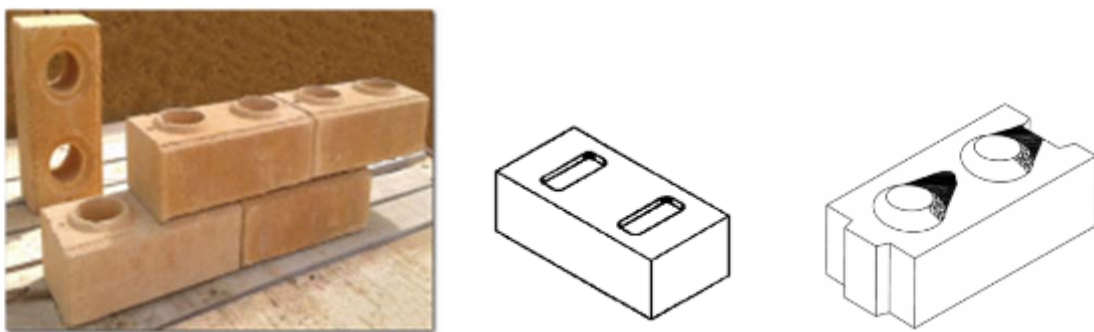


Figura 46. Bloques especiales: Heicon. Bloque macizo con rebaje entero y Mattone. Fuente: www.heicon.com.co y (Aenor, 2008b).

DESPIECE

La modulación de los bloques en los muros **se asocia al dimensionado del muro** y se define en función del elemento de construcción. Será necesario conocer el despiece del cerramiento para evitar cortar los bloques y así será posible precisar un diseño para la ejecución en planta y en altura. En consecuencia, podrán contabilizarse los bloques necesarios para la ejecución del inmueble de una manera aproximada. A continuación se muestra un ejemplo realizado por Auroville Institute del despiece (figura 47).

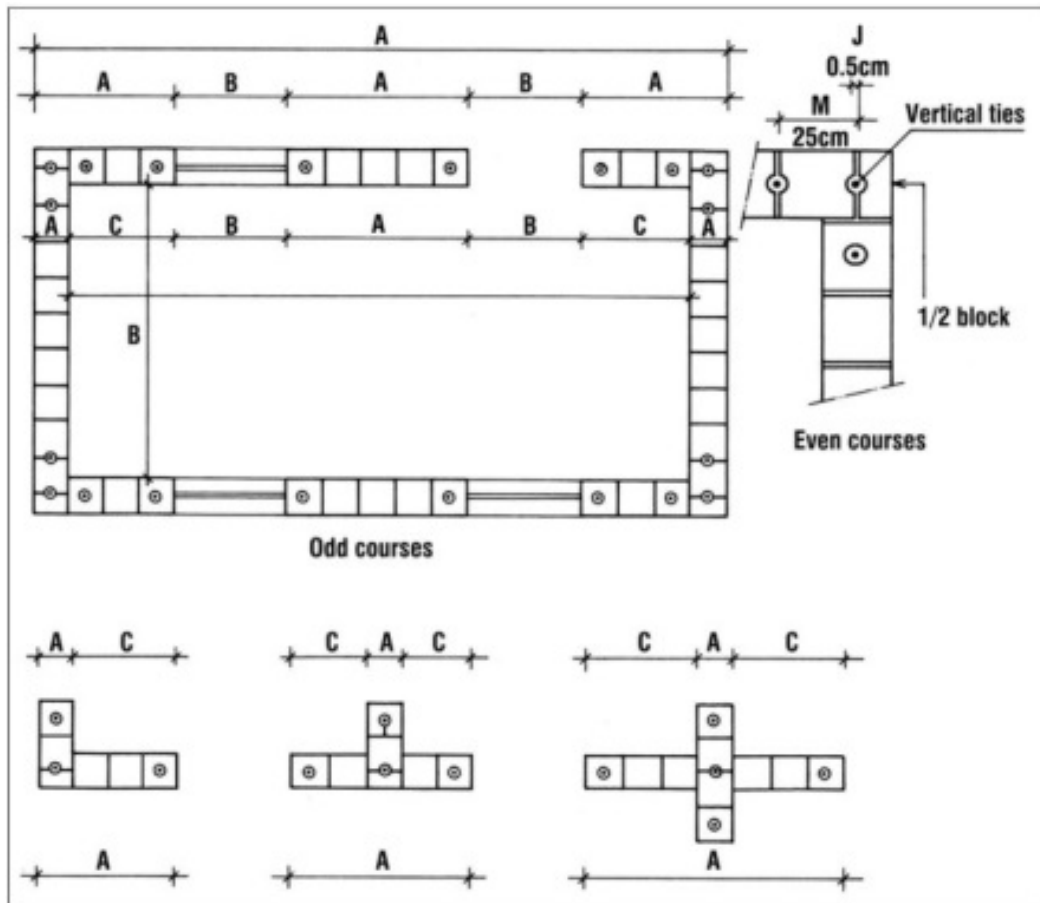


Figura 47. Despiece en planta de los bloques tipo 295 de Auroville. Fuente: (Auroville Earth Institute, 2005).

APAREJO

Al igual que una fábrica de cualquier bloque de otro material, el aparejo dependerá de varios factores:

- El tipo de estructura.
- El tamaño de la estructura.
- Las dimensiones de los bloques.
- El efecto estético buscado si no es revestido.

La función del aparejo hace que para las hiladas superpuestas no haya continuidad entre las juntas verticales. Además, la desviación mínima entre dos bloques de hiladas superpuestas debe ser mayor a la dimensión más grande del bloque (Guillaud et al., 1995).

El aparejo permitirá componer diferentes posiciones en los muros en función del espesor del mismo (figura 48) y del tipo de encuentro: en L, en T o en pilares. De esta manera, será necesario estudiar el encuentro para una correcta transmisión de las cargas y arriostramientos de los muros.



Figura 48 Muro y aparejo. Fuente: Cannabric. La Tenada (Almería). ALM-001

TOLERANCIAS POSIBLES DE MUROS

Algunos autores indican ciertas tolerancias asociadas con el muro. Es el caso de Walker, que muestra las siguientes tolerancias aceptables que afectan a los bloques de tierra (tabla 20).

Tabla 20. Tolerancias. Fuente: (Peter Walker, 2001).

Conceptos	Tolerancia
Posición horizontal de cada muro especificado o mostrado en planta desde la base a cada nivel	±45 mm
Desviación interior de un piso de líneas verticales desde la base	±3mm por cada 3 metros de altura
Desviación vertical del edificio en total	±40 mm
Desplazamiento relativo entre muros de carga en plantas adyacentes destinadas a estar en alineación vertical	±40 mm
Desviación del espesor de la pared	-20 mm, + 40 mm

En particular con el bloque, otros autores como (Guillaud et al., 1995) indican las siguientes tolerancias:

- Largo: +1,-3 mm
- Ancho: +1, -2 mm
- Alto: +2, -1 mm

Otras normativas como ARS 674: 1996-Compressed Earth Blocks Technical Specifications for Ordinary Compressed Earth Blocks indican las siguientes tolerancias:

- Largo: + 2 a - 3mm;
- Ancho: + 2 a - 3mm;
- Alto: + 3 a - 3mm.

Según la UNE 41410:2008, cuando la superficie de un bloque es declarada plana por el fabricante, no se debe desviar de un plano en más de 2 mm de la dimensión mayor efectiva de las dimensiones nominales. Como puede observarse todas las dimensiones determinadas por las distintas normativas son muy parecidas entre sí.

ESPESOR

El espesor del muro lo definirá la disposición de los bloques con sus aparejos y las propias dimensiones de los bloques (Figura 49). Algunos autores y normativas muestran indicaciones sobre espesores mínimos en función de la posición del muro. Walker indica que el espesor mínimo de los muros exteriores deberá ser de 200 mm, mientras en los interiores oscilan alrededor de 125 mm (Walker, 2001).

La normativa NZS 4297:2008 hace especificaciones en función del material. El espesor para BT en general será de 250 mm, y en particular, para el BTC, es posible disminuir el espesor hasta 130 mm.



Figura 49. Espesor con doble hilada (ZAR-001). Fuente: Pedro Bel Anzue.

Otros autores como Houben **indican el espesor en función de la altura, concretando dicho espesor como un décimo de la altura total** (Houben & Guillaud, 2008). Walker añade otro dato sobre la relación entre espesor y altura, especificando que la relación 1:10 será para muros que no se encuentren arriostrados y realizados con BTC (para adobe será 1:8). Además, indica que los muros de BTC arriostrados perpendicularmente y desde la base hasta la zona superior, la relación podrá ser 1:18 y para los de adobe será 1:14.

ESPESORES EN EL MORTERO

El espesor idóneo para las juntas de mortero es entre 1 y 1.5 cm, con un máximo de 2 cm para adobes (Houben & Guillaud, 2008).

La contracción de las juntas causada por una contracción horizontal de un muro es del orden de 1 a 2 mm por 5 m. En el caso de las verticales, será de 1 a 2 cm por 3 m.

En este sentido, será necesario realizar **pruebas en el mortero** que determinen su correcta utilización con los bloques siendo recomendadas en la normativa UNE 41410:2008 las referidas a las exigencias estructurales.

Si el BT está estabilizado, el mortero se recomienda que sea de características similares tanto en el caso de cemento como de cal. Se podrá emplear un mortero no estabilizado si el muro se encuentra fuera del alcance de agentes externos que lo modifiquen.

Como se explicó en el apartado de los detalles comunes (apartado 3.6), en los inmuebles analizados los morteros más utilizados han sido los **morteros de cal** y barro.

JUNTAS CONSTRUCTIVAS

Las juntas en los muro deberán sucederse cada 3 a 6 m, no excediendo de 6 metros de separación (Guillaud et al., 1995).

ASPECTO

Según la UNE 41410:2008, se deberá controlar el aspecto de los bloques de la muestra y anotar los defectos eventuales. El material utilizado para controlar el aspecto del paramento debe permitir una apreciación con aproximación de 1 mm (Aenor, 2008b). Será objeto de estudio para el fabricante y la dirección de la obra controlar:

- La planeidad de sus caras.
- Los defectos.
- La presencia de alveolos.

A continuación se muestra un ejemplo de ensayo de planeidad de las caras de 6 muestras (tabla 21). En el mismo puede analizarse cómo las desviaciones de las alturas de las caras no sobrepasan los 2 mm. Este resultado se encuentra dentro del rango máximo indicado por la norma UNE 41400:2008, la cual limita la planeidad de sus caras en 2 mm.

Tabla 21. Ejemplo de ensayo de planeidad de las caras elaborado para los modelos MAD-001 a MAD-006 y realizados por la Universidad Pública de Navarra. Fuente: Jorge Seisdedos- Habitat Tierra.

Alturas			
Muestra	Altura cara A	Altura cara B	Desviación (mm)
A1	67	69	-2
A2	68	70	-2
A3	69	70	-1
A4	67	69	-2
A5	71	70	-1
A6	68	70	-2
Media	68	70	-2

4.1.2. PROPIEDADES FÍSICAS

Como se indicaba con anterioridad, la norma UNE 41410:2008 determina una serie de propiedades físicas que deberán ser declaradas por el fabricante en el caso del BTC⁵¹. Es por ello, que la normativa servirá como apoyo para la descripción de las propiedades físicas del BT, entre las cuales se tendrán en cuenta las siguientes:

- **Densidad aparente seca y absoluta seca.** En caso de exigencias acústicas y en función del uso.
- **Resistencia mecánica** declarada en N/mm² y referenciada con las clases de resistencia normalizada a compresión⁵².
- **Resistencia a ciclos de humectación/secado de fábricas** sometidas a exposición severa.
- **Resistencia a la erosión** de fábricas sometidas a exposición severa⁵³.
- **Absorción de agua por capilaridad** si están sometidas a elementos exteriores con la cara vista.
- **Resistencia a ciclos de hielo/deshielo** evaluado y declarado haciendo referencia a la experiencia previa de utilización en la zona de uso hasta que esté disponible una norma europea.
- **Propiedades térmicas del producto** si el bloque está sujeto a exigencias de aislamiento térmico.
- **Permeabilidad** al vapor de agua de las piezas.
- **Resistencia de adherencia a cortante de la pieza** en combinación con un tipo específico de mortero.

Densidad

La densidad se define por la relación de la masa seca con respecto al volumen (incluyendo los poros) (Minke, 2005). Para obtener los valores relativos de la densidad es necesario atender a la normativa UNE-EN 772-13:2001 donde se indican los ensayos para su obtención (UNE 41410:2008). Además, cabe destacar que los re-

⁵¹Como se explicaba con anterioridad, el adobe no posee una normativa específica, por lo que se tomará de referencia las fuentes bibliográficas y normativas internacionales.

⁵²Tipo BTC 1, BTC 2 y BTC3.

⁵³En lo que se obtendrá, en función de la profundidad de la oquedad, resultados aptos o no aptos.

sultados serán más significativos en caso de **exigencias acústicas** (para la densidad absoluta seca) y en función del uso, debido a la relación entre el aislamiento acústico y la densidad junto a la porosidad del material.

Con respecto a la conductividad térmica, propiedades como la densidad hacen que el BT disminuya su capacidad térmica. Este es el caso del BTC, con el aumento de la densidad, aumenta también la conductividad térmica (Arias et al., 2007).

La densidad puede oscilar entre:

-1.800 y 2.100 Kg/m³ para el BTC (Morton, 2008b; Rigassi & CRATerre-EAG, 1995)

-1.200 Kg/m³ para adobe (Houben, 1995).

Resistencia mecánica

En el caso de la resistencia mecánica a compresión, esta difiere en función de la cohesividad⁵⁴ y de la estabilización. En referencia a los niveles de resistencia característica de la tierra, el origen de las mismas determina resultados muy variables y no se tiene un conocimiento riguroso de los métodos de ensayo. Aunque sí es cierto que muchas fuentes bibliográficas aportan datos y valores sobre la resistencia mecánica. Por estas circunstancias, los coeficientes de seguridad tomados por los técnicos suelen ser muy altos. En este sentido, Bestraten indica que para disminuir dichos coeficientes es *necesario establecer un protocolo de ensayos que garanticen y reduzcan los coeficientes de seguridad en los cálculos* (Bestraten et al. 2011).

Según UNE 41410:2008, el fabricante debe declarar la resistencia normalizada a compresión del BTC en N/mm² y el valor declarado debe corresponder a la resistencia normalizada a compresión (fráctil del 5%), f_c , en el momento del suministro. Esta debe ser como mínimo el valor indicado para BTC 1 (1,3 N/mm²), 3 (3 N/mm²) o 5 (5 N/mm²). En el caso del CTE DB SE F se estipula que la resistencia normalizada a compresión mínima debe ser 5 N/mm². Además, la declaración del fabricante debe indicar la orientación de los BTC que han sido ensayados, el método de apoyo del bloque, así como el método de acondicionamiento y de preparación de la superficie.

⁵⁴ La cohesividad es la resistencia a la tracción del barro en estado plástico y depende del contenido de arcilla, del tipo de minerales arcillosos y del contenido de agua.

Estudios como el de Cid incluyen una comparativa entre las distintas normativas y las características de los ensayos a realizar para obtener los valores de resistencia mecánica (Cid Falceto, 2012) (figura 50).

	NTC 5324	UNE 41410	NBR	IS 1725	KS 02-1070	NT 21.33
Tipo compresión	seca/húmeda	seca	húmeda	-	seca/húmeda	-
Tipo de muestra	partido	entero	partido	entero	entero	entero
Nº de muestras	8	-	13	-	10	-
Junta	mortero 10 mm	-	-	-	-	-
Velocidad carga	0,15-0,25 Mpa/s	-	0,5 Kn/s	-	2,5 kN/s	-
Valores compresión	≥ 2, ≥ 4, ≥ 6 ≥ 1, ≥ 2, ≥ 3	≥ 1.3, ≥ 3, ≥ 4	≥ 2	≥ 2, ≥ 3	≥ 1.5, ≥ 2.5	≥ 2, ≥ 4, ≥ 6 ≥ 1, ≥ 2, ≥ 3
Acondicionamiento	-	-	-	-	tablero 3 mm	-

Figura 50. Comparativa entre normativas y ensayos de resistencia mecánica. Fuente: (Cid Falceto et al., 2011).

Otras normativas como la E 0.80 referida al adobe en Perú hace alusión a los esfuerzos admisibles de diseño, los cuales considerarán los esfuerzos mínimos.

- Resistencia a la compresión de la unidad: 12 kg/cm²
- Resistencia del muro: 2 kg/cm²
- Resistencia al cortante: 0.25 kg/cm²

Resistencia a ciclos de humectación y secado

Según la normativa UNE 41410:2008 se tendrá en cuenta para el BTC la resistencia a ciclos de humectación/secado de fábricas sometidas a **exposición severa**⁵⁵ sin que se observe ninguna de las siguientes condiciones: “*modelo de grietas aleatorio, modelo de grietas en estrella, hinchamiento local, picado local en al menos 5 zonas, pérdida general o local de capas de suelo, penetración de agua en más del 70% de la anchura del BTC (visualmente por el exterior), pérdida de fragmentos mayores a 50 mm, excepto los que provengan de la parte comprendida entre los bordes y 50 mm hacia adentro, eflorescencias en la superficie*”. Para ello se

⁵⁵Son fábricas de exposición severas: las fábricas sin revestir, próxima al nivel del terreno (aproximadamente dos hiladas por encima) y chimenea de fábrica, cuando pueda existir riesgo combinado de saturación de agua y helada; coronaciones, cornisas y antepechos en zonas donde exista riesgo de helada; muros de cierre y muros pantalla cuando la pared no esté provista de un revestimiento (Aenor, 2008b).

realizará el ensayo de ciclos de humectación y secado (según apartado 8.3 de la UNE 41410:2008) previamente al ensayo de erosión.

Resistencia a la erosión

Estos ensayos se realizan para fábricas sometidas a **exposición severa** como por ejemplo a la lluvia, al viento, entre otros. Ogunye (Ogunye F., 2002) y Walker (Walker 2004) consideran que los procedimientos son los ciclos de humectación-secado (ASTM D 559); ensayo de abrasión; ensayo de erosión acelerada (spray test) y el ensayo de erosión por caída de agua (Falceto, 2012). De hecho, hay algunos autores que difieren en los resultados obtenidos en algunos de los ensayos propuestos. Esto es debido a que entienden que la aceleración del proceso similar a la lluvia u otros difiere de la realidad temporal.

Absorción de agua por capilaridad

Para conocer la absorción del producto se proponen dos ensayos: el **ensayo de absorción por capilaridad**, basado en la UNE EN 772-11:2011 de la que se obtendrá la tasa de absorción de agua inicial, y el **ensayo de absorción total**, el cual se especifica en otras normativas internacionales como las ARS, y en España, para otros materiales, en la UNE EN 772-21:2011. Tal y como indica Cid, *la absorción en los materiales de tierra puede aumentar la susceptibilidad a la aparición de grietas, al daño mecánico con pérdida indirecta de materia, aparición de eflorescencias, entre otros.*

En la figura 51 puede observarse diferentes resultados obtenidos en la tesis doctoral de Cid, que oscila desde 0,9 a 4,9 Kg/m²*min. Otros ensayos realizados a los BTC de los modelos de MAD-001 a MAD-006 han evaluado la absorción total (figura 52).

Estas características atenderán a las especificaciones básicas para el cumplimiento del CTE DB HS en relación al uso del BT como hoja principal en cerramiento. Y con respecto a la UNE 41410:2008 en los **elementos exteriores con cara vista**.

Muestra	Tasa inicial de absorción (Kg/m ² ·min)		
	Cara A	Cara B	Media de la muestra
Bloque B9	0,8	1	0,9
Bloque B10	0,8	1	0,9
Bloque B11	0,7	1	0,9
Bloque B15	0,6	0,8	0,7
Bloque B16	0,7	0,8	0,8
Bloque B17	0,7	0,8	0,8
Bloque M5	3	3,4	3,2
Bloque M6	2	2,2	2,1
Bloque M7	2,7	3,3	3,0
Bloque M14	2,3	2,2	2,3
Bloque M15	1,7	2,2	2,0
Bloque M16	2,8	2,3	2,5
Bloque C5	6	4,2	5,1
Bloque C6	4,9	3,2	4,1
Bloque C7	4,2	3,5	3,9
Bloque C13	4,9	4,8	4,9
Bloque C14	4,8	4,3	4,6
Bloque C15	5,4	4,4	4,9

Figura 51. Tasa inicial de absorción de las muestras tomadas por Cid Falceto. Fuente: (Falceto, 2012).

Muestra	Absorción total (%)
A2	8.51
A3	8.32
A4	6.91
A5	7.59
MEDIA	7.83

Figura 52. Resultados de ensayo de absorción total. Fuente: Jorge Seisdedos.

Resistencia a ciclos de hielo y deshielo

El grado de exposición al hielo/deshielo sirve para definir el riesgo al que se ve sometida la fábrica ante la combinación de un contenido elevado de agua y la incidencia de ciclos de hielo/deshielo, teniendo en cuenta el diseño de la construcción. Los parámetros que se han de tener en cuenta a la hora de definir dicho riesgo son la temperatura y la humedad. Así, se pueden definir tres clases de exposición: *severa*, *moderada* y *baja* (Aenor, 2008b).

Sería recomendable especificar el grado de resistencia al hielo/deshielo para el BTC, tras haber evaluado el grado de exposición al que se someterá la pieza, incluyendo la protección frente a la saturación de la fábrica.

Cuando el producto se utilice **protegido** frente a la penetración de agua (por ejemplo, mediante capa de enlucido, revestimiento, pared interior de una cavidad del muro, muros internos), no será necesario hacer referencia a la resistencia al hielo/deshielo.

En el caso del BTC, en función de los usos para los cuales se comercialice, el fabricante debe evaluar y declarar la resistencia al hielo/deshielo del bloque, haciendo referencia a la experiencia previa de utilización en la zona de uso. Todo ello hasta que esté disponible una norma europea adecuada.

Sería recomendable evaluar la influencia de los posibles revestimientos que se empleen para proteger la fábrica. Un revestimiento superficial puede originar un incremento de las exigencias de construcción en zonas de clima costero templado (UNE 41410:2008)⁵⁶.

Propiedades térmicas

Las propiedades térmicas deben determinarse según el apartado 4.2.2 de la Norma UNE-EN 1745:2013 (UNE 41410:2008).

En función de los usos para los cuales se comercialice el BT, y en todos los casos para bloques que vayan a usarse en construcciones sujetas a exigencias de **aislamiento térmico**, el fabricante debe facilitar la información sobre las propiedades térmicas del producto. Estos aspectos influirán en la función constructiva del elemento en relación a su capacidad térmica.

En este caso, el CTE indica que los productos que configuran el cerramiento se definen por medio de su conductividad térmica (W/mK) y el factor de resistencia a la difusión del vapor de agua. Además, se podrá determinar la densidad (Kg/m³) y el calor específico (J/Kg*K) (Ministerio de Fomento, 2013).

Permeabilidad al vapor de agua

La normativa UNE 41410:2008 indica que para los BTC destinados a paramentos exteriores el fabricante facilitará la información relativa a la permeabilidad de las piezas, acorde con la Norma UNE-EN ISO 12572:2016.

⁵⁶Fábrica sometida a **exposición severa**: fábrica sin revestir, próxima al nivel del terreno (aproximadamente dos hiladas por encima) y chimenea de fábrica, cuando pueda existir riesgo combinado de saturación de agua y helada; coronaciones, cornisas y antepechos en zonas donde exista riesgo de helada; muros de cierre y muros pantalla cuando la pared no esté provista de un revestimiento.

Fábrica sometida a **exposición moderada**: se pueden tomar una serie de medidas preventivas que moderen el riesgo de saturación de la fábrica, tales como protección de las coronaciones de muro por medio de albardillas o aleros, protección de alféizares de ventana con vierteaguas, membranas impermeables en la coronación y en la base de fachadas ventiladas.

Fábrica sometida a **exposición baja**: fábrica de muros exteriores protegida mediante un revestimiento adecuado a las condiciones climáticas locales, fábrica de muros interiores y las hojas interiores de muros capuchinos (UNE 41410:2008).

Adherencia a cortante de la pieza

La resistencia de adherencia depende del mortero, del bloque y del trabajo del operario. De hecho, la normativa UNE 41410:2008 indica que *si los bloques están diseñados para ser sometidos a requisitos estructurales, la resistencia de la adherencia a cortante de la pieza en combinación con un tipo específico de mortero conforme a la Norma UNE EN 998-2:2004 (modificada por la UNE-EN 998-1:2010 debe declararse en términos de la resistencia característica inicial a cortante en base a ensayos conforme a la Norma UNE-EN 1052-3:2003*".

4.1.3. PROPIEDADES QUÍMICAS

Estabilización⁵⁷

Hasta ahora, para construir con tierra cruda se ha procurado utilizar el material disponible en el lugar de obra con objeto de rentabilizar la utilización del BT. Sin embargo, no siempre se tiene cercana la tierra más adecuada ni la de mejor calidad, en tal caso resulta necesaria la aportación de un material exterior que la complemente para disminuir las carencias que tenga. A este material aportado se le conoce como **estabilizador**.

La normativa UNE 41410:2008 define como una tierra estable aquella que presenta una buena resistencia a la deformación y es poco sensible a la presencia de agua.

Los principales objetivos a conseguir con estos elementos estabilizadores son la mejora de las características mecánicas, la resistencia a la compresión seca y húmeda y al impacto, reducir la tendencia a la dilatación y contracción, reducir la absorción de agua y evitar la retracción mediante la disminución de la porosidad, así como mejorar la resistencia a la erosión. Pueden diferenciarse en tres categorías:

⁵⁷Para decidirse por un método correcto de estabilización, se recomienda reunir suficiente información sobre los estabilizantes disponibles mediante una serie de criterios: (Aenor, 2008b)

- Disponibilidad regional: se preferirán los productos cercanos.
- Minimización del impacto ambiental, realizándolo a partir del análisis del ciclo de vida del estabilizante: consumo mínimo de energía, agua y recursos renovables; emisión mínima de sustancias tóxicas al entorno desde su extracción, fabricación, transporte, aplicación y vida útil.
- Procesos tecnológicos apropiados a la puesta en obra y al mantenimiento.
- Evaluación económica.

- **Química.** El estabilizador modifica la estructura granular del suelo para dotarlo de cohesión.
- **Física.** Para mejorar las características de resistencia del producto.
- **Mecánica.** Mediante la compresión del suelo (UNE 41410:2010).

Se puede conseguir la estabilización mediante los siguientes medios (Rigassi & CRATerre-EAG, 1995):

- **Densificar.** Mediante la eliminación del aire interior de los poros, como puede ser con la compactación. Para ello, la tierra debe ser previamente preparada, homogeneizada y posteriormente, comprimida. En caso de suelos arcillosos, las arenas y gravas permitirán densificar la tierra.
- **Armar.** Con la utilización de fibras animales, minerales o sintéticas. Se mejora la resistencia a tracción y a cortante contribuyendo también a reducir la retracción. Según Craterre, las fibras se aconsejan para los adobes pero son incompatibles para los procesos de compresión de BTC porque añaden demasiada elasticidad a la mezcla.
- **Concatenar.** El principal complemento es el cemento o resinas. Ellos provocan un esqueleto que entrelaza los granos y se opone a los movimientos del material.
- **Ligar – enlazar materiales.**
- **Impermeabilizar.** Reduce la erosión por agua y la retracción por ciclos repetidos de humectación y secado. En este caso, pueden ser elementos bituminosos y se genera, normalmente, en tierras arenosas que tienen una buena estabilidad frente a la presencia de agua. En el caso de tierras arcillosas o limosas, esta estabilización se produce en la superficie. Por otro lado, puede ser utilizada mediante el uso de la arcilla betonita que obstruye el acceso a los poros. Este método, en el caso de elementos bituminosos, exige una distribución homogénea que necesita demasiada agua (Guillaud et al., 1995).
- **Hidrofugar.** Mediante la hidrofugación se modifica el estado del agua intersticial y se reduce las propiedades de la arcilla frente al agua. Se

realiza mediante el aporte de ciertos productos químicos. El problema de este tipo de estabilización es el coste elevado (Rigassi & CRATerre-EAG, 1995).

Los estabilizantes más utilizados por su eficacia hasta ahora han sido analizados en diversas investigaciones sobre cemento, cal, puzolana, yeso, asfalto diluido, fibras naturales (sisal, bambú, carrizo, paja, caña de azúcar, estopa de coco), vidrio finamente molido, emulsión asfáltica (Boscarello, 2009).

El cemento y la cal son los dos materiales utilizados mayoritariamente en la actualidad para la estabilización de BTC. Como regla general se puede decir que el primero es más adecuado para suelos con mayor contenido de arenas y el segundo es apropiado para los suelos con un elevado contenido de arcillas (Maldonado Ramos et al., 2001).

El cemento, como estabilizante más utilizado, actúa principalmente sobre las arenas y las gravas pero su utilización disminuiría el aspecto sostenible del BT (Juarez, 2010). El uso del cemento en la producción del BTC influye en la homogeneidad de la mezcla, en los nódulos de arcilla existentes, en que debe secarse al menos 7 días y evitar el secado demasiado rápido. Por otro lado, no se aconseja el uso de cemento en tierras demasiado arcillosas (> 20 %) (Rigassi & CRATerre-EAG, 1995).

En el caso de la cal influye en que para los suelos arcillosos es adecuada, en la disminución de la plasticidad de la tierra, en que el secado debe ser de mayor duración (6 meses, aunque 56 días es suficiente), entre otros. La cura húmeda bloquea la evaporación del agua libre al interior de los bloques que es indispensable para las reacciones de la cal con la arcilla. Un curado seco bajo el sol y un film de plástico permite la elevación de la temperatura y de la humedad relativa (Guillaud et al., 1995).

A continuación se indican los estabilizantes que han sido analizados en algunas de las fuentes bibliográficas consultadas:

- Cemento en distintas proporciones (3%, 5%, 8% y 10%)
- Cal (8%, 10% y 12%)
- Cemento y Cal (5%/2%, 5%/3%, 8%/4%)
- Cemento y Resina (5%/50%, 8%/50%)
- Cemento y Microsílice (9%/12%)

- Ceniza de carbón
- Caña de azúcar
- Aceites naturales
- Silicatos de sosa
- Yema de huevo
- Productos puzolánicos
- Yesos

Son muchos los artículos donde el estabilizante supone un papel principal como mejora del BT. En la búsqueda de resultados adecuados para el material escogido, los autores han valorado el comportamiento del BT en distintas probetas, donde no sólo han analizado el propio material, sino los resultados del mismo en función de la fuerza ejercida en el caso del BTC para su elaboración y la proporción utilizada.

Muchos de los posibles estabilizantes podrán ser ineficaces o contrarios al concepto de lo sostenible o al aspecto económico. De hecho, la estabilización puede suponer un aumento del 30-50 % del precio del material.

Como es lógico, y previo a la utilización del tipo de estabilización, será necesario conocer las carencias de la tierra utilizada, en el caso de tenerlas, para analizar las necesidades: si deben reducirse o no el tamaño de los poros, si se pretende alcanzar una mejor resistencia a compresión, entre otros. Según Craterre, no será necesario estabilizar cuando el material no esté expuesto al agua como por ejemplo en muros protegidos o interiores (Guillaud et al., 1995).

Otros estudios asimilan la estabilización a los valores obtenidos en los límites plásticos (figura 53).

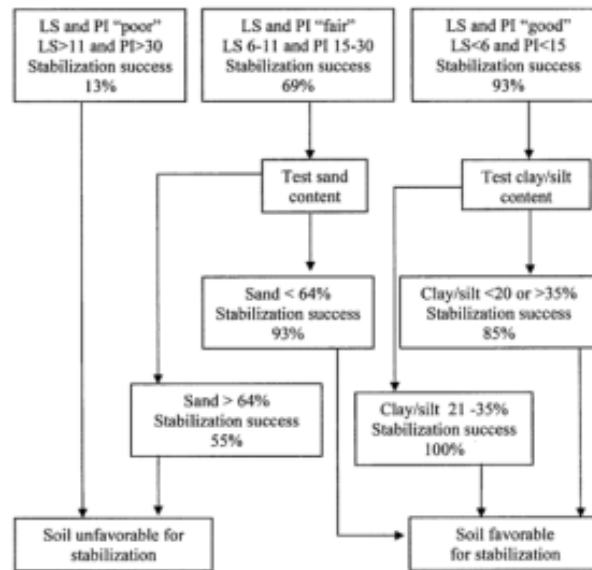


Figura 53. Decisión sobre la estabilización y los límites de plasticidad. Fuente: (Pacheco Torgal & Jalali, 2011).

Reacción al fuego⁵⁸

El comportamiento frente al fuego de los materiales de construcción es especialmente importante. La tierra se considera prácticamente incombustible ya que no propaga el fuego ni emite gases tóxicos (Bestraten Castells & Hormias Laperal, 2012). Será un dato a declarar por el fabricante. Así mismo, es una cualidad del producto que será también determinada por la función constructiva. Por lo tanto, debe ser entendida tanto a nivel de producto (declarada por el fabricante) como de diseño del muro en las funciones constructivas.

⁵⁸Se deriva y amplía al apartado de requisitos constructivos.

4.2.LOS REQUISITOS CONSTRUCTIVOS

En este apartado se abordarán diversos aspectos constructivos del BT. Se les procurará dar respuesta a través del cumplimiento de la LOE artículo 3, el cual establece requisitos básicos para garantizar la seguridad de las personas. En este estudio se analizarán los relativos a la seguridad y habitabilidad⁵⁹.

4.2.1. SEGURIDAD

En el apartado de los aspectos relativos a la seguridad se hace mención a la seguridad estructural, seguridad en caso de incendios y la seguridad de utilización. Esta última no será referenciada en este estudio dado que se trata de aspectos referidos al uso del edificio y no de los materiales.

SEGURIDAD ESTRUCTURAL

Los aspectos tratados en este apartado se basan en las determinaciones que se realicen con la finalidad de que no se produzcan daños en el edificio. Daños que tengan su origen o afecten a la cimentación, los soportes, las vigas, los forjados, los muros de carga u otros elementos estructurales, y que comprometan directamente la resistencia mecánica y la estabilidad (Ministerio de Fomento, 1999).

Tipos de muros

La albañilería realizada con BT permite realizar tanto muros portantes como no portantes. En base a ello, seremos capaces de diseñar bajo ciertas premisas los muros acorde a la posición, cargas, características térmicas, hídricas...

Si los muros son **no portantes**, la estructura podrá estar compuesta por un sistema de hormigón armado o madera y no trasladar las cargas hacia el muro (figura 54).

⁵⁹ Hay que indicar que este artículo también hace alusión a los requisitos relativos a la funcionalidad y a la estética, estos aspectos nos serán estudiados en este trabajo dado el interés por acotar la investigación a los criterios de seguridad y habitabilidad únicamente.



Figura 54. Vivienda en Renedo de la Vega (PAL-002) realizada con estructura de hormigón armado. Fuente: Autor.

Si los muros son **portantes**, podrán ser muros que deban su resistencia al espesor, o a la utilización de contrafuertes o muros armados (figura 55).



Figura 55. Vivienda unifamiliar en Lutmajor (BAL-001) con muros portantes. Fuente: Eduardo Ramos (Ecocreamos).

El mortero

El mortero posee especial relevancia en la fábrica. Es una mezcla de componentes como la arena y gravas y un conglomerante que las une, como por ejemplo, cemento o la cal entre otros. Añadir agua a la mezcla hace que adquiera un estado líquido.

El mortero asegura la **correcta unión mecánica de los bloques y transmite los esfuerzos entre todas las piezas que componen el muro**. Un buen mortero debe garantizar una buena resistencia mecánica. De hecho, si la resistencia de los morteros es inferior a la de los bloques, existirán riesgos de erosión, infiltración de agua y deterioro de los bloques. En cambio, si la resistencia es mayor, se produce un estancamiento de agua sobre el mortero y se desarrolla la erosión de los bloques. Para ello, es necesario rellenar tanto las juntas horizontales como verticales para garantizar la correcta unión entre los bloques y el mortero. El trabajo solidario entre los bloques se debe a la realización de una correcta junta de mortero y a su cohesión a la misma (Guillaud et al., 1995).

Tal y como se indicaba con anterioridad, cuando se utilicen bloques estabilizados, es necesario utilizar morteros estabilizados también. Para este caso, la dosificación en cemento y en cal debe ser aumentada de 1,5 a 2 veces para obtener la misma resistencia que los bloques de tierra. Existen varios tipos de mortero para utilizar:

- Mortero de cemento.
- Mortero de cal y arena.
- Mortero de tierra.
- Mortero de yeso (Illampas, Charmpis, & Ioannou, 2014).
- Otros morteros con azúcar, lignosulfatos, fibras o almidón (Morton, 2008b; Roux Gutierrez & Olivares Santiago, 2002).

Si el muro no está expuesto a la lluvia o el agua es posible la utilización de mortero de tierra no estabilizado y en ocasiones del mismo material que el bloque, siempre que se asegure que tenga la misma resistencia a compresión y a la erosión entre el mortero y los BT.

Por otro lado, el uso del **mortero de cemento o cal** se justificará por su rapidez en el secado (McHenry, 1984). Sin embargo, Morton desaconseja el uso del mortero de cemento debido a las diferencias térmicas y de movimiento entre el mortero utilizado y los bloques (Morton, 2008b). Así mismo, el factor ecológico de la fábrica decrece con el uso del mortero de cemento.

Las **fibras** pueden ser utilizadas en el mortero siempre que sean elementos muy finos. Se constata que dichas fibras provocan una disminución de las fuerzas de contracción (Morton, 2008b).

Con respecto a las características de los componentes del mortero, el diámetro aproximado de granos oscila entre 2 a 5 mm, con un espesor máximo de 1 a 1,5 cm. y si es estabilizado puede tener un 1,5 a 2 veces su dosificación de estabilizantes para obtener la misma resistencia que el bloque (Guillaud et al., 1995).

Según la normativa NZS 4298:1998, no pueden existir componentes más grandes que la mitad del espesor de la junta. En ella se aconseja una proporción 6:1 a 12:1 para cemento, arena y cal ("NZS 4298 (1998): Materials and workmanship for earth buildings," 1998).

Otras normativas como la peruana E.080 establecen para el adobe la clasificación de los morteros en dos tipos: en base tierra con algún aglomerante o con paja (ICG, 2006).

En general, los **inconvenientes** que puede presentar el mortero son: la retracción en el secado, la inestabilidad química y que pueden presentar una superficie menos resistente al contacto entre el bloque y el mortero (Guillaud et al., 1995).

Capacidad portante

En general, las estructuras portantes de tierra trabajan prácticamente en su totalidad sometidas a esfuerzos a compresión. Para establecer la capacidad portante se debe conocer:

- la relación de esbeltez
- esbeltez con un ratio 1:8-1:10 (Morton, 2008b)
- el tipo de cargas propias y sobrecargas junto a la excentricidad de las mismas
- las características de compresión del bloque
- el área de sección transversal

Además, la capacidad portante no sólo se refiere al muro, es necesario tener en cuenta la resistencia característica del producto utilizado. Este varía según la tecnología, densidad y estabilizantes añadidos (Bestraten et al. 2011).

Para referirnos a la seguridad estructural es necesario entender algunos términos relevantes:

-El término **resistencia característica** es un valor independiente del formato del BT. Será posible asociarlo a la resistencia a compresión seca o húmeda, así como a flexión.

-La **resistencia a compresión húmeda** permite determinar el nivel de rendimiento del bloque y verificar la eficacia de la estabilización (Guillaud et al., 1995). Con respecto al BT, diversos estudios han determinado valores tanto a flexión como a compresión. Los valores obtenidos dependerán de diversos factores: la utilización de estabilizante, el tipo de suelo que compone el bloque, etc.

Según Auroville, la mínima carga admisible a compresión debe ser 25 kg/cm² bajo condiciones húmedas y después de 3 días de inmersión.

Otras normativas como la NZS 4297:1998 indican que en ausencia de ensayos para determinar la resistencia a compresión (f_e), si existe el de flexión (f_{et}) es posible determinar que la $f_e=3.5f_{et}$ siendo f_e la resistencia a compresión y f_{et} la de flexión.

Para un correcto funcionamiento del sistema constructivo, las cargas deben estar debidamente distribuidas en el elemento. Es más, las cargas puntuales, así como las excentricidades, no son recomendables en la composición del sistema constructivo realizado con tierra. En este sentido, la normativa NZS 4297:1998 en el apartado 6.4.3.4 establece criterios para el diseño de las cargas concentradas en el muro (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Configuración espacial

La forma y simetría de la planta son factores relevantes para la estabilidad estructural siendo mayor en las sollicitaciones sísmicas. Las plantas irregulares y alzados con distintas alturas afectan negativamente al inmueble ante movimientos sísmicos. Así mismo, se tendrá en cuenta si se trata de muros conectados o si por el contrario, no se prevé su encadenamiento. De igual forma, se debe prestar especial atención a la conexión muro-forjado, así como a otros factores: **centro de rigidez** y de **gravedad, cambios de altura, forma en planta, longitud en caso de muros.**

Por otra parte, deberemos conocer las dimensiones del BT (29,5 x 14 x 9 cm) y las posibles medidas: $\frac{3}{4}$ y $\frac{1}{2}$. Si no es posible obtener una volumetría regular, será necesario mejorar la resistencia al sismo por medio de la división del edificio en partes. Otro factor es la **localización del centro de gravedad** y el centro de rigidez de las masas verticales que al coincidir, evitarían la torsión del edificio.

Los cambios en el sistema estructural aumentan el riesgo de lesiones. A su vez, en el refuerzo se debe contar con vínculos verticales que enlacen los distintos pisos, así como **anillos perimetrales**. El **encuentro entre los distintos muros** o arriostramientos debe ser correctamente diseñado. Para ello, se deben tener en cuenta las reglas de diseño de albañilería, el uso de $\frac{3}{4}$ partes o mitades de los bloques, así como el espesor de los mismos. En ese sentido, tal y como se ha explicado en apartados anteriores, el aparejo tendrá especial relevancia. En el caso de la zona superior del muro, y en especial en zonas de riesgo sísmico, los muros deben ser coronados con encadenados que transmitan los esfuerzos de flexión que suceden por cargas horizontales.

Huecos

Un hueco⁶⁰ en un muro debe ser proyectado con especial cuidado. Se atenderá especialmente a las proporciones y su ubicación dado que estos debilitan la estabilidad si no son específicamente diseñados. En **caso de sismo⁶¹, serán zonas con un aumento del riesgo de lesiones estructurales y filtraciones de agua debido a las lesiones sufridas.**

⁶⁰Se entiende por hueco a la ausencia de muro con una posición determinada y dimensiones específicas dentro del muro.

⁶¹Aceleración mayor de 0,20g.

En el diseño de los huecos deben ser evitados ciertos aspectos como el **sobredimensionamiento**, la ubicación en **un solo muro**, la colocación de un hueco **cercano a un cambio de ángulo** del muro, el **mal dimensionamiento** de los elementos que componen el hueco, un **mal aparejo** de los bloques en la proximidad a los huecos, entre otros (Houben, 1995). En función del tipo de muro, podrá preverse un tipo de hueco distinto. A continuación se muestran las recomendaciones realizadas por Craterre (figura 56):

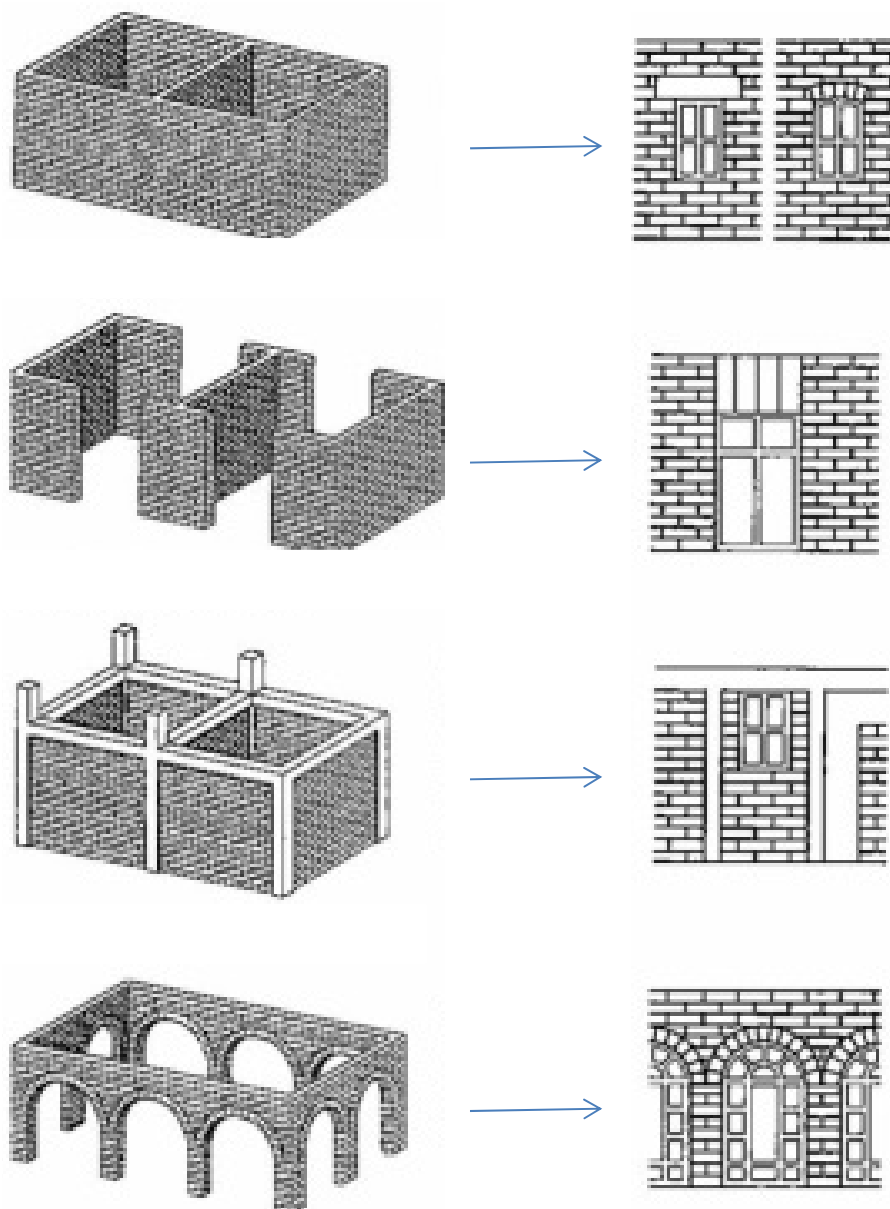


Figura 56. Huecos. Fuente: (Guillaud et al., 1995).

RESISTENCIA AL FUEGO

Por último, con respecto a la seguridad en caso de incendios, se garantizará el desalojo del edificio en condiciones seguras. Es por ello, que el material utilizado debe proporcionar diversas características para asegurar su resistencia.

Por regla general, el BT se mantiene correctamente al fuego, a menos que esté compuesto por fibras (Morton, 2008b). Es por ello, que el contenido en fibras debe ser limitado si el espacio puede ser susceptible de riesgo de incendios. Algunas normativas hacen referencia a la cantidad de fibras posibles, es el caso de la norma inglesa, se estima que **el límite se encuentra en 1%**. Es importante reseñar que el BT es vulnerable al fuego en caso de extinción con agua debido a la posible erosión del bloque.

Otras normativas, como la DIN 4102 **marcan un mínimo de densidad situado en 1.700 Kg/m³ para ser denominado incombustible**, independientemente de la cantidad de fibra utilizada (Minke, 2005).

En el caso de la normativa española UNE 41410:2008, únicamente se muestra que **los fabricantes deberán declarar la clasificación de reacción al fuego de los bloques**. Es por ello, que se deriva al CTE equiparándose al resto de materiales⁶².

Algunos estudios, como es el caso de Buson, determinan un tipo de BTC con un estabilizante concreto, en los que ensayan su resistencia al fuego. Incluso comparan sus resultados con otros tipos de muros ejecutados con otros BT (Buson et al., 2012). Determinan que los muros realizados con suelo cemento y Krafterra muestran una adecuada resistencia al fuego con respecto a la estabilidad (120 min). De hecho, pueden ser utilizados en particiones.

En consecuencia, **podría establecerse que el daño sobre los muros realizados con BT en caso de incendio es bajo**.

Algunos autores como Walker, indican que el espesor mínimo de una fábrica realizada con BT puede establecerse en 200 mm para garantizar 120 min. Si el espesor es menor, la resistencia disminuye a 90 min. En este sentido, la normativa NZS

⁶²La UNE 41410:2008 hace referencia a la UNE-EN 13501-1:2007 Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación. Parte 1: Clasificación a partir de datos obtenidos en ensayos de reacción al fuego.

4297:1998 establece que podría obtenerse una resistencia de 120 min con un espesor de 150 mm.

Bestraten indica que la resistencia al fuego de los muros de tierra se debe considerar de REI⁶³ para espesores iguales o mayores a 150 mm, con lo que es equivalente a la resistencia de otros materiales convencionales (Bestraten et al., 2011).

4.2.2. HABITABILIDAD

En el caso de la habitabilidad, se engloban los aspectos relacionados con la función de la arquitectura como cobijo de actividades y personas (Monjo Carrió, 2007). Al igual que en los requisitos constructivos, se hace referencia al cumplimiento la LOE, por lo que es necesario reseñar los siguientes apartados: higiene, salud y protección del medio ambiente, protección contra el ruido, ahorro de energía y aislamiento térmico y otros aspectos funcionales de los elementos constructivos o instalaciones.

HIGIENE, SALUD Y PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

La capacidad de la tierra para absorber y expulsar la humedad ambiente es uno de los **beneficios clave** en su uso. Debido a su sistema poroso absorbe y expulsa la humedad del aire proporcionando un equilibrio en el interior de las estancias. Algunos de estos criterios ya han sido explicados en el apartado de cualidades del producto con respecto a sus propiedades físicas.

Para el correcto entendimiento y utilización de este factor relevante será necesaria la aclaración de diversos conceptos:

-Contenido de humedad

El agua se encuentra contenida en la tierra de diversas formas: *cristalización, agua absorbida y agua capilar*⁶⁴. No se trata de un factor que afecte únicamente a la tierra, pero sí un factor que hace que sus propiedades se vean afectadas. De

⁶³ REI. R: el tiempo durante el cual un elemento es capaz de mantener su función portante. E: indica el tiempo durante el cual un elemento es capaz de mantenerse como barrera al paso de la llama y de los gases. I: el tiempo durante el cual un elemento es capaz de mantenerse como barrera al paso del calor.

⁶⁴ Recordemos que existen 3 tipos de agua: de cristalización, absorbida y capilar. "El agua de cristalización está químicamente enlazada y se puede distinguir sólo si el barro es calentado desde 400 a 900°C. El agua de absorción está eléctricamente enlazada a los minerales de la arcilla. El agua capilar es agua que entra en los poros del material por acción capilar. El agua absorbida y la capilar se desprenden del material cuando se calienta la mezcla a 105°C" (Minke, 2005).

hecho, el agua puede suponer un cambio en el estado del muro por lo que puede provocar una pérdida de cohesión pasando de estado sólido a líquido. Por ejemplo, que la base del muro pierda capacidad para soportar los esfuerzos.

Así mismo, se recuerda el concepto de *succión o la tasa inicial de absorción de agua inicial* ($\text{Kg}/\text{m}^2 \cdot \text{min}$) determinado en el apartado 3.5.

-Porosidad

Todos los materiales con una estructura porosa⁶⁵ como el barro son capaces de almacenar y transportar agua a través de sus vasos capilares. Es por ello que el agua se mueve desde las zonas de mayor humedad hacia las de menor humedad. Dicha capacidad se denomina **capilaridad** (Minke, 2005). La máxima cantidad de agua que puede ser absorbida en comparación con el volumen o masa de la muestra se denomina **capacidad de agua capilar** (Kg/m^3). El tamaño de los poros será de especial relevancia ya que grandes poros permiten una alta difusión del vapor de agua y mejora la **resistencia a la heladicidad**.

Sin embargo, un alto porcentaje de porosidad puede significar mayor absorción. En este sentido, **cabe destacar que el contenido de fibras contribuye a la variación de los efectos de la absorción del agua**. Aunque, no todos los tipos de fibras actuarán de igual manera.

-Higroscopidad y la regulación de la humedad

La expansión de la tierra, en particular el barro, al entrar en contacto con el agua, así como su retracción al secar, son aspectos que lo hacen perjudicial como material de construcción. La magnitud de este parámetro depende de la cantidad de arcilla, del limo y de la arena. Esto provoca un beneficio en la regulación de la humedad relativa interior (Minke, 2006).

En zonas climáticas templadas y frías, el vapor de agua del aire interior circula a través de los muros hacia el exterior y se produce como consecuencia una diferencia de la presión de vapor del interior al exterior a través de los muros. Esta acción se denomina **difusión**.

⁶⁵La porosidad es el espacio libre entre las partículas sólidas en el material. Productos densos como es el caso de los bloques de tierra comprimido, tenderán a tener una baja porosidad en contraposición a su alta densidad.

Si el aire se enfría en los muros y alcanza la temperatura de condensación, **esta humedad reduce la capacidad de aislamiento térmico y puede provocar el crecimiento de moho**. En ese caso, es importante que la humedad se transporte rápido por la acción capilar hacia la superficie de los muros desde donde ésta puede evaporarse. Esta circunstancia hace que la permeabilidad de la superficie adquiera un valor relevante para que se produzca la difusión del vapor de agua. Por ello, la resistencia a la transmisión del vapor debe ser mayor en el interior que en el exterior. En cambio, la resistencia a la transferencia de calor debe ser mayor en el exterior que en el interior.

Hay que destacar algunos estudios sobre los beneficios relacionados con dichos aspectos. En particular Meukam (2003), Oti (2012) y más recientemente, Cagnon (2014)(Pacheco-Torgal& Jalali, 2012).

PROTECCIÓN CONTRA EL RUIDO

El estudio de las propiedades acústicas del BT puede considerarse un ámbito poco desarrollado.

De manera general, es posible determinar que debido a la densidad⁶⁶ del producto, el BT tiene aceptables propiedades de atenuación del sonido. De hecho, **la densidad y el espesor del muro** realizado con BT serán propiedades determinantes para el aumento del índice de absorción sonora.

Como referencia, Morton midió un índice de reducción acústica de 46 dB a 57 dB y también aportó que una pared de ladrillos de tierra comprimida de 16 pulgadas tiene un coeficiente de atenuación acústica (probado en 500 Hz) de 40 a 50 db (Morton, 2008b; Park et al., 2005).

El valor de aislamiento frente a sonido aéreo (R_a) para paredes de tierra se obtiene, según Bestraten (figura 57), de la siguiente forma:

$$R_a = 21,65 \log 10 \cdot \rho' - 2,3 \quad (\text{para } \rho' > 50 \text{ Kg/m}^2)$$

Siendo:

$$\rho' = \rho \times t$$

ρ = densidad del muro de Kg/m^3

⁶⁶La densidad se define por la relación de la masa seca con respecto al volumen (incluyendo los poros). (Minke, 2005)

t = espesor del muro en metros.

Figura 57. Obtener el aislamiento a ruido aéreo. Fuente: (Bestraten Castells & Hormias Laperal, 2012)

En una pared de tierra de entre 150 y 1200 mm de espesor, R_a varía en función de distintas densidades, entre 49 y 70 dB, por lo que cumple las normativas actuales. Para muros de 30 cm, el nivel de aislamiento es equivalente a otros materiales convencionales (Bestraten et al., 2011). Por otro lado, Minke añadió que en test realizados en muros de 240 mm de bloque de tierra, se determinó una reducción de 24 dB a 2 GHz de frecuencia, en comparación con la reducción de 7 dB de un muro similar en piedra (Minke, 2006).

Como se recuerda en la tabla 16 en apartado 3.5, el aumento del espesor del muro con bloques de la misma densidad produce un aumento del índice de absorción sonora.

Otros estudios hacen referencia a **la necesidad de la continuidad de los materiales y el control de las juntas con otros materiales** como elementos clave también para un correcto comportamiento ante el ruido.

Al igual que en otras características, la adición de otros materiales induce una modificación. Es el caso del estudio realizado en Turquía por diversos investigadores (Binici, Aksogan, Bakbak, Kaplan, & Isik, 2009) donde aseguran que la adición de fibras al bloque aumenta el aislamiento acústico del muro (figura 59).

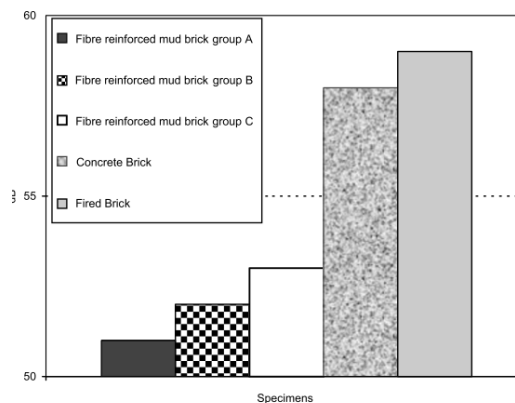


Figura 58. Absorción acústica en distintos tipos de muros. Fuente: (Binici, Aksogan, & Shah, 2005).

Por otro lado, con respecto a la normativa, el fabricante debe declarar la densidad absoluta seca del BTC cuando corresponda según los usos para los cuales se comercializa y para todos los casos en los que los bloques son utilizados en ele-

mentos sujetos a **exigencias acústicas**. La determinación de la misma se hará de acuerdo a la Norma UNE-EN 772-13:2011.

AHORRO DE ENERGÍA Y AISLAMIENTO TÉRMICO

Podríamos decir que la tierra no tiene tan buenas propiedades de aislamiento térmico como se le ha atribuido. Su capacidad de aislamiento térmico se encuentra por debajo del de otros materiales. Sin embargo, su mayor ventaja es su capacidad de inercia térmica.

Como se explicaba con anterioridad, la virtud de la tierra se encuentra en absorber y liberar, almacenar y retardar el flujo de calor. Un muro con una alta capacidad de almacenamiento crea un retardo de la penetración del calor y una disminución de la amplitud térmica, mientras que un muro con un alto aislamiento térmico solamente reduce la amplitud de la capacidad térmica (Parra-Saldivar & Batty, 2006).

En verano, en un muro de BT, la ganancia de calor se almacena en las paredes, por el contrario, en invierno, las paredes funcionan de manera deficiente debido a la baja resistencia térmica y el calor se pierde a través de las mismas (Olukoya Obafemi & Kurt, 2016). Por otro lado, en climas con gran diferencia de temperatura, debido a la necesidad de almacenar el calor, el BT se posiciona como un material adecuado debido al equilibrio que se produce entre el interior y exterior.

Cabe indicar que su capacidad térmica varía con las **condiciones higrotérmicas**. La tierra puede tener un alto retardo térmico o inercia en relación a la capacidad de absorción relacionada con su estructura de poros.

-Masa térmica

La contribución de la tierra para obtener un alto grado de confort se debe a su masa térmica (Minke, 2005).

El comportamiento térmico de los muros de tierra mejora en gran medida con el efecto de la masa térmica debido al efecto del desfase térmico (Figura 59). Bestraten indica que el desfase térmico se realiza de la siguiente manera:

Desfase
 $d(h) = 0,53 \times T/2 \times \sqrt{(\rho \times C_e / \omega \times \lambda \times T) \times L}$

Donde :

T= período de cálculo (24 h)

ρ = densidad (kg/cm³)

C_e = Calor específico (kj/kg°C)

$\omega = 3,1416$

λ = conductividad térmica (w/m°C)

L =grueso del muro (m)

Figura 59. Desfase térmico Fuente: (Bestraten Castells & Hormias Laperal, 2012).

Para obtener un resultado sobre el comportamiento térmico de los bloques de tierra se debe partir de un cerramiento del cual se medirá su **coeficiente de transmisión térmica (K) en ensayos de laboratorio** y, con ellos, se deducirán matemáticamente los valores de conductividad para el elemento (Figura 60).

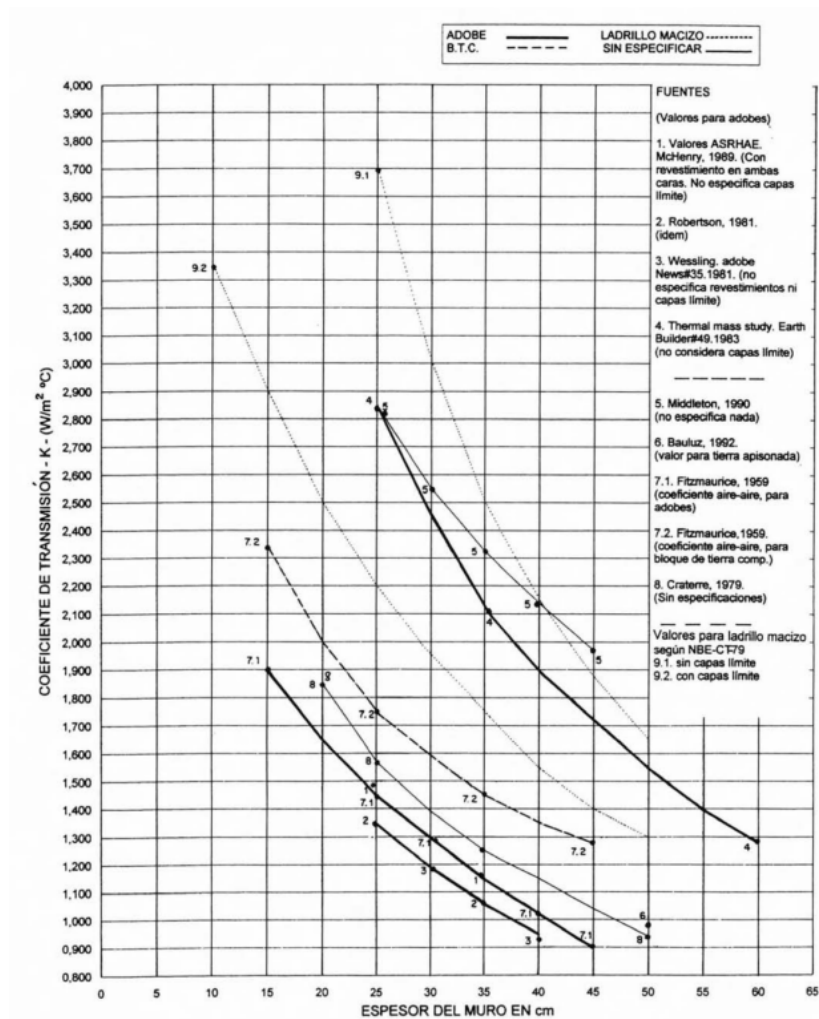


Figura 60. Relación entre la coeficiente de transmisión y espesor. Fuente: (Maldonado Ramos et al., 2001).

Por otro lado, propiedades como la densidad hacen que el BT disminuya su capacidad térmica. Este es el caso del BTC, con el aumento de la densidad, aumenta la conductividad térmica. En la figura siguiente (figura 61) puede observarse la afirmación anterior (K. Heathcote, 2011).

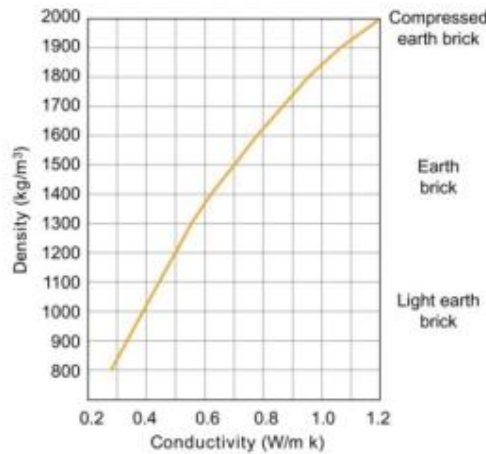


Figura 61. Relación entre la conductividad y la densidad. Fuente: (Morton, 2008b).

La conductividad térmica de algunos elementos de tierra combinada con otros materiales, como es el caso del adobe (con fibras vegetales), puede ser dos o tres veces menor que la de otros elementos de albañilería o de materiales masivos como el hormigón (Maldonado Ramos et al., 2001). Si se trata de **BTC sin compresión**, estudios afirman que posee una alta conductividad térmica (Park et al., 2005). En el caso de los BTC con densidad 1.900 kg/m³ tendrán una conductividad de 1 W/mK, mientras que materiales con un alto contenido en fibra y una densidad de 1.500 kg/m³ tendrá una conductividad de 0.65 W/mK. Otros estudios más recientes afirman que debido a la variación de densidad se modifica la porosidad y, consecuentemente, la conductividad térmica (figura 62) (Mansour et al., 2016).

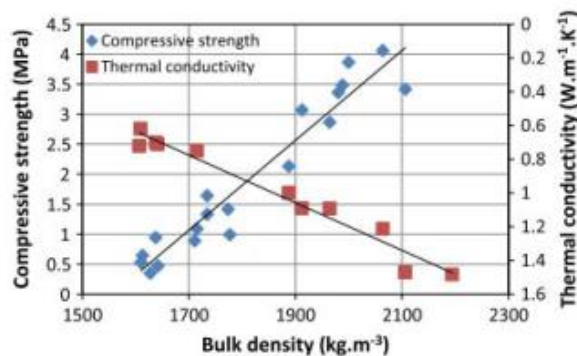


Figura 62. Relación entre la conductividad, fuerza de compresión y la densidad. Fuente: (Mansour et al., 2016).

De hecho, en los bloques ligeros que son más porosos incluso con la aportación de fibras al material, la capacidad térmica aumentará. Algunos autores afirman que los muros realizados con cáñamo son los que dan mejor resultados gracias a su conductividad y gran capacidad calorífica. Esto hace pensar que el BT por sí solo está en desventaja con respecto a otros materiales. En combinación con ciertos aditivos como cáñamo o fibras vegetales o incluso en simbiosis con un material aislante tendrá un funcionamiento mejor (Jové Sandoval & Cavero, 2013).

Por último, **en construcciones de pared sin barreras de vapor** hay un riesgo de condensación en climas cálidos, donde el aire húmedo se mueve a través de la pared de la superficie exterior a la más fría en el interior. En tales circunstancias, la pared debe estar hecha de capas de materiales teniendo en cuenta el aumento de la permeabilidad al vapor de dentro hacia fuera. Por ejemplo, se puede disponer una cara interior de mampostería de tierra que contiene el aislamiento, una cámara de aire y otra capa que contenga y proteja del agua. En esta posición, la tierra también proporciona masa térmica (Morton 2008).

Es importante señalar la importancia del uso correcto de las barreras de vapor: será necesario tener en cuenta que es posible no estén totalmente selladas en la práctica, por ejemplo en las uniones lo cual, al igual que ocurre si no existe este elemento, puede producir una reducción de la capacidad de aislamiento térmico por parte del material y crecimiento de moho en el muro (Minke, 2005).

Valores térmicos y recomendaciones.

- Valores del BTC de resistencia térmica: 0,25 a 0,60 $m^2 \cdot K/W$ (Peter Walker, 2001).
- Cannabric, cuya ventaja fundamental con respecto a los bloques ensayados en el laboratorio es la baja conductividad que presenta, de tan solo 0,19 $W/m^{\circ}C$. El calor específico es de 1.113 $J/Kg^{\circ}C$ y la densidad de 1.100 Kg/m^3 . Estos valores permiten que con un muro de tan solo 30 cm de espesor se obtengan valores de transmitancia de 0,572 $W/m^2^{\circ}C$ y una capacidad calorífica de 122,43 $KJ/m^2^{\circ}C$ (Jové Sandoval & Cavero, 2013).
- Los valores obtenidos oscilan entre 0,618 y 1,483 W/mK para densidades entre 1607 kg/m^3 to 2194 kg/m^3 , porosidad del 41,6% a 21,7% y compresión de 0,36 Mpa a 3,16 Mpa (Mansour et al., 2016).

- Un mínimo de 280 mm de espesor en los muros para que no haga falta aislamiento ("NZS 4297 (1998): Engineering design of earth buildings," 1998).
- Catálogo de elementos constructivos del CTE proporciona un valor de $1,1 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$ sin diferenciar entre los distintos sistemas constructivos. No especifica el valor del calor específico que definirá la capacidad de acumulación del calor de estos materiales (Cavero & Jové, 2012).
- Según Morton, un bloque con una densidad de 1900 kg/m^3 tiene una conductividad alrededor de 1 W/mK mientras que materiales con alto contenido en fibra y una densidad de 1500 Kg/m^3 tiene una conductividad aproximada de $0,65 \text{ W/mk}$.
- Según Heathcote, un muro de 250 mm de espesor hecho con adobe con una conductividad de 0.82 W/mK tiene una resistencia térmica de $0.46 \text{ m}^2\text{K/W}$.

4.3. ACCIONES EXTERNAS QUE AFECTAN AL BLOQUE DE TIERRA.

De manera genérica, se denominan agentes externos a todos aquellos elementos que actúan sobre el edificio durante su periodo de servicio. Recordemos que Soronis indicaba que uno de los factores relevantes en la durabilidad era la interacción con la naturaleza y el uso del inmueble (Soronis, 1992). En base a ello se clasifican los posibles agentes externos en 3 tipos de acciones que pueden darse en la localización:

- **Acciones físicas.** Las acciones que afectan a los elementos constructivos y a sus características físicas.
- **Acciones mecánicas.** Ocurren con la aparición de una fuerza en un momento determinado.
- **Acciones químicas.** Son las acciones que provocan alteraciones químicas en los elementos constructivos y ocasionan la degradación de sus características de calidad.

En este trabajo, **las acciones se subdividen, a su vez, en agentes** (Tabla 22). Estos pueden ser *meteorológicos*, *morfológicos*, *naturales*, entre otros. Los agentes se han seleccionado en función de la lesión que puedan inducir sobre el muro de BT.

Tabla 22. Tipos de acciones. Elaboración propia.

Acciones	Tipo de agentes	Agentes
Acciones Físicas	Agentes meteorológicos	Lluvia
		Viento
		Cambios de temperatura y congelación
Acciones mecánicas	Agentes morfológicos	Terreno
	Agentes antrópicos	Uso del espacio
	Agentes naturales	Sismo
Acciones químicos	Agentes biológicos	Organismos
	Agentes naturales	Humedad del terreno
		Humedad del ambiente
	Agentes antrópicos	Radiación solar

4.3.1. ACCIONES FÍSICAS

Las acciones físicas son *aquellas que suponen una modificación sobre las características físicas del elemento constructivo* (Monjo Carrió, 2007).

En la investigación, se propone que se subdividan en: agentes **meteorológicas** (lluvia, viento y cambios de temperatura) y agentes **morfológicos** (morfología del terreno).

AGENTES METEOROLÓGICOS

LLUVIA

La lluvia es un agente que induce una alteración física sobre los muros realizados con BT, generalmente por:

- Erosión y cambios que provoca sobre la superficie debido al efecto de mojarse y secarse.
- Los depósitos de sales que puedan adherirse.
- Por acumulación de agua.
- Aumento de agua en las proximidades del muro que ocasionará humedades de filtración.
- Entrada del agua a través de distintos elementos arquitectónicos.

En el caso de la **erosión**, según Minke, un barro arenoso tiene poca resistencia a la acción de la lluvia, pero es muy resistente a la congelación cuando no tiene **fisuras**. Por otro lado, cuando tiene un alto contenido de arcilla tiende a desarrollar fisuras cuando seca y, por eso, es propenso a la erosión. Si no tiene fisuras es resistente a la acción de la lluvia. En Europa, es habitual la **protección del muro con un revestimiento de tierra o cal que mejore la resistencia a la erosión** (Minke, 2005).

Diversos estudios han investigado la erosión sobre los BT y obtenido resultados interesantes, tales como los ensayos de erosión hídrica realizados en la Universidad de Valladolid por el investigador Muñoz de la Calle (Jové Sandoval et al., 2011). Incluso ensayos mediante el uso de banco de precipitaciones para la erosión acelerada (Ogunye & Boussabaine, 2002b; B. V. Venkatarama Reddy & Jagadish, 1987). Aunque los resultados deben ser tratados con especial precaución dado

que es mejor confiar en procedimientos reales que comparan materiales y condiciones diseñados para tal fin (Morton, 2008a).

Otros estudios, como el del investigador Kerali, afirman que los BT que se colocan en la zona inferior de los muros y en las fachadas Este y Oeste se deterioran con más facilidad. Por ello, será necesario conocer la fachada con más carga pluviométrica para determinar el uso del BT en ella y elegir el posible revestimiento (Kerali, 2005).

Autores como Ogunye mencionan que la lluvia no siempre provoca erosión sobre los muros de tierra y afirman que se necesita una intensidad superior a 25mm/h para que esto ocurra (Ogunye & Boussabaine, 2002b).

VIENTO

El viento es un agente externo que produce erosión debido a las partículas que arrastra, que al impactar sobre el muro provocan un desgaste de la superficie. Si además el viento va acompañado por la lluvia, se favorece la filtración y absorción de agua en el muro. En este caso, el ángulo de incidencia del viento y agua sobre el muro tiene especial relevancia, ya que en función de la velocidad de incidencia del viento, se producirá mayor erosión en el muro (K. A. Heathcote, 1995).

En relación con la acción del viento sobre el muro, al igual que en otros materiales, sería importante conocer la resistencia a flexión del elemento y, en consecuencia, realizar los refuerzos necesarios (Angulo-Ibáñez, Mas-Tomás, Galvañ-Llopis, & Sántolaria-Montesinos, 2012).

En España uno de los documentos que trata la acción del viento es el DB HS. En él se indica que será necesario conocer la zona eólica (A, B o C) en la que se encuentra la edificación y así evaluar la necesidad de algún tipo de protección efectiva en función de la altura y el grado de exposición al viento.

CAMBIOS DE TEMPERATURA Y CONGELACIÓN

En este apartado se tendrán en cuenta las bajas temperaturas y la congelación del agua. El problema no son las bajas temperaturas si son secas, pero si pueden considerarse un riesgo los climas húmedos que rondan los 0°C o menos. Esto es debido a que las lluvias pueden ser absorbidas por el muro de BT y congelarse en su interior. Los materiales de tierra que tienen un tamaño grande en sus poros

pueden ser resistentes a las heladas, si tienen un espacio adecuado para la cristalización del agua y su expansión. En cambio, con pequeños tamaños de los poros, son más vulnerables a este problema. Por tanto, en el caso de los climas húmedos, será relevante el tipo de revestimiento.

Minke indica que mientras mayor sea la porosidad y más grandes los poros, mayor es la resistencia del barro a la congelación. Por eso los ladrillos crudos extruidos en fábricas no son resistentes y no deben ser utilizados para muros exteriores en climas con temporadas de heladas. Sin embargo, los adobes elaborados a mano con barro arenoso usualmente son resistentes a la congelación (Minke, 2005).

Así pues, **la porosidad será un factor relevante**. La resistencia a ciclos de heladidad será menor conforme la porosidad sea mayor ya que el agua tendrá mayores posibilidades de modificar su estado de líquido a sólido.

En consecuencia, en el caso del BTC, según UNE 41010:2010 y en función de los usos para los cuales se comercialice, el fabricante debe evaluar y declarar la resistencia al hielo/deshielo del bloque, haciendo referencia a la experiencia previa de utilización en la zona de uso hasta que esté disponible una norma europea adecuada. Cuando el producto se utilice protegido frente a la penetración de agua (por ejemplo, mediante capa de enlucido, revestimiento, pared interior de una cavidad del muro, muros internos), no es necesario hacer referencia a la resistencia al hielo/deshielo.

AGENTES MORFOLÓGICOS. TERRENO

Es relevante conocer la humedad del terreno. Además, será importante determinar el perfil orográfico ya que se puede acumular agua en la base de los muros en función de la inclinación, y la composición. Según Craterre es posible obtener 3 niveles de circunstancias en función del drenaje del terreno y de su inclinación (figura 64):

- **Nivel 1: Acumulación prolongada.** El terreno está en pendiente hacia el cerramiento y favorece la acumulación del agua sobre el inmueble. El terreno tiene un mal drenaje superficial independientemente del tipo de suelo
- **Nivel 2: Acumulación temporal.** Son suelos cohesivos de tipo arcilloso o limoso. Se prevé un drenaje superficial y el perfil está en contrapendiente al cerramiento.

- **Nivel 3:** El terreno tiene una topografía plana en la zona de influencia del cerramiento. Sin acumulación: el terreno es permeable y de composición dominante en arenas y gravas que posee un buen drenaje.

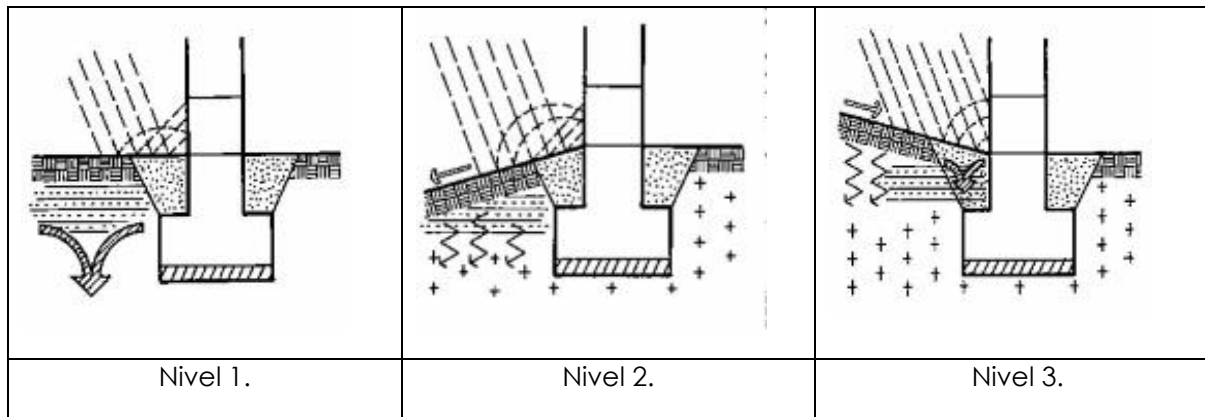


Figura 63. 3 niveles de circunstancias en función del drenaje del terreno y de su inclinación. Fuente: (Guillaud et al., 1995).

4.3.2. ACCIONES MECÁNICAS

Las acciones mecánicas son las que suponen la aparición de una fuerza en un momento determinado (Monjo Carrió, 2007). En esta investigación, se incluyen en el grupo de las acciones mecánicas: los agentes **antrópicos** (uso del espacio) y los agentes **naturales** (Sismo).

AGENTES ANTRÓPICOS. USO

Los agentes antrópicos pueden agruparse en tres categorías: diseño y planificación, producción y construcción, así como uso y explotación (M. A. Rodríguez, Monteagudo, Saroza, Nolasco, & Castro, 2011). Se tendrán en cuenta los agentes antrópicos durante el **uso y explotación del inmueble**.

Se debe vigilar el uso colindante que tiene el espacio porque puede provocar un desgaste o erosión sobre el muro. Puede entenderse como un uso desfavorable cuando hay agentes como animales, personas u otros elementos que supongan un roce constante con el cerramiento.

AGENTES NATURALES. SISMO

La peligrosidad del sismo radica en los errores en el diseño arquitectónico y la intensidad del sismo, la confluencia de ambos aumentan el riesgo de colapso. Algunos tipos de errores por malas previsiones son los siguientes:

- Muros largos sin restricciones (figura 64):

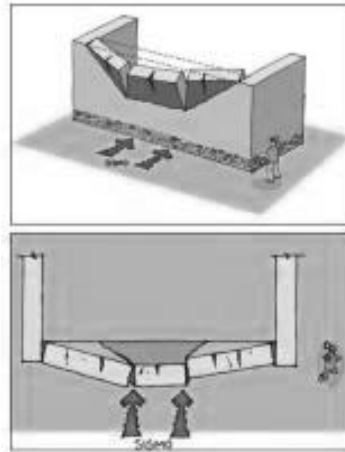


Figura 64. Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica, 2005).

- Muros altos y cortos o muros largos con restricciones laterales poco espaciadas (figura 65):

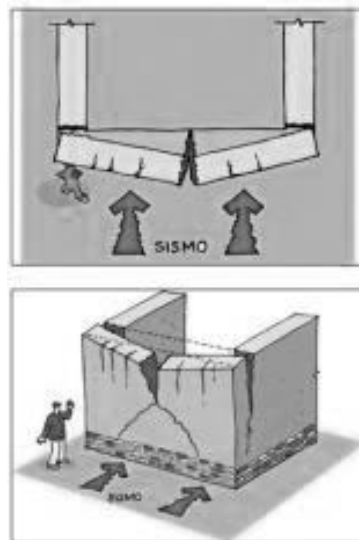


Figura 65. Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica, 2005).

- Esquinas no confinadas de muros sueltos o esquinas no conectadas efectivamente con los muros transversales de restricción al mismo (figura 66):

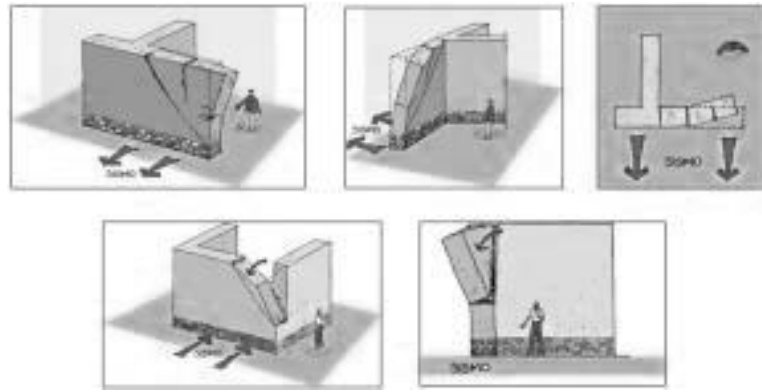


Figura 66. Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica, 2005).

Es necesario comprender que, para una correcta resistencia al sismo, se debe garantizar una localización adecuada, una estructura correctamente definida y arriostrada, una determinada forma de las edificaciones y garantizar su conservación para que no se deteriore (Houben & Guillaud, 2008). En el caso de la construcción con BT se trata de un tema relevante que debe ser tenido muy en cuenta (figura 67).

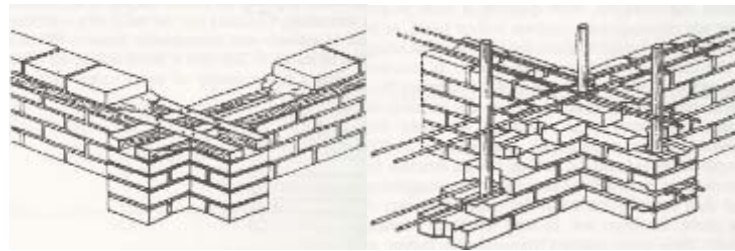


Figura 67. Arriostramiento de los muros. Fuente: (Houben & Guillaud, 2008).

En España se dispone de la NCSE-02 (Norma de construcción sismoresistente). Por lo que la edificación a realizar será clasificada como de **importancia moderada, normal o especial**. Además, el riesgo sísmico dependerá de la **aceleración sísmica de cálculo (a_g)**, la cual a su vez depende del *coeficiente de amplificación del terreno*, un *coeficiente adimensional de riesgo* (que depende del tipo de importancia de la construcción) y la *aceleración sísmica básica*. Cabe indicar que en las edificaciones de importancia normal o especial, cuando la *aceleración sísmica básica* a_b sea inferior a $0,04g$, siendo g la aceleración de la gravedad, no es de aplicación la NCSE-02. La aceleración sísmica básica se obtiene a través del mapa de peligrosidad sísmica. Y por otro lado, la amplificación del terreno depende del tipo de terreno existente a los cuales se les asigna un coeficiente C del cálculo.

4.3.3. ACCIONES QUÍMICAS

Son el conjunto de acciones que provocan alteraciones químicas en los elementos constructivos, normalmente con degradación de sus características de calidad (Monjo Carrió, 2007). En esta investigación se incluyen en las acciones químicas a los agentes **biológicos** y **naturales**.

AGENTES BIOLÓGICOS. ORGANISMOS

La presencia de vegetación cercana puede suponer un aumento de la humedad o modificaciones en la composición del terreno, por ejemplo árboles de hoja cauduca que hagan caer sus hojas y afecte a la base del muro. Es por ello que, en el caso de su existencia, debe ser retirada del espacio colindante de la cimentación. Así mismo, se evitará la existencia de vegetación con hoja perenne en las fachadas al sur para así evitar la sombra.

Deberá ser evaluada la vegetación colindante, así como las cimentaciones cercanas que puedan influir sobre la intervención y obra nueva. Las distancias serán acorde al tipo de suelo existente, pero se recomienda la separación mínima de 1 m (Peter Walker, 2001).

AGENTES NATURALES. HUMEDAD DEL TERRENO

La humedad del terreno será evaluada como un agente externo de tipo químico. Es relevante determinar si el terreno posee una humedad crítica mediante el conocimiento de la altura del nivel freático, para evaluar su influencia sobre la cimentación y el muro y las soluciones que se hayan tenido en cuenta.

En el CTE DB se indica que se tomarán precauciones para asegurar la conservación en buen estado de las cimentaciones y, en su defecto, las bases del muro. Se deberá vigilar la presencia de vías de agua que se puedan producir bajo las cimentaciones. Así mismo, se vigilarán los defectos evidentes tales como cavernas, fallas, galerías, pozos, etc.

AGENTES ANTRÓPICOS.

Las actividades del hombre se entienden como las actividades en el edificio o en su entorno que provocan acciones químicas sobre las unidades y elementos constructivos (Monjo Carrió, 2007).

Se evalúa:

- Contaminación del aire y del agua, producida normalmente por coches, calefacciones, fábricas, humo, etc., que puede provocar alteraciones en los materiales.
- Fuego: normalmente por accidente o por actividades industriales, que afecta a la integridad de los elementos constructivos, especialmente a su resistencia.
- Gases y ácidos en interiores, principalmente en actividades industriales, que afectan también a la integridad de los materiales.

Canivell indica que, en el caso de ambientes urbanos, las partículas contaminantes pueden proceder básicamente del polvo atmosférico y del tráfico rodado, aunque es posible encontrar partículas procedentes de las calefacciones y de la industria, en función de la localización concreta (Canivell, 2011).

AGENTES NATURALES. HUMEDAD DEL AMBIENTE

Otro factor importante será la humedad ambiente del entorno del edificio, que provoca alteraciones químicas a sus elementos, así como humedad de condensación.

Ocurre que cuando una fábrica se encuentra en ambiente húmedo, puede sufrir ligeros hinchamientos o valores importantes si es muy porosa.

En el caso de la posición del BT en el interior, puede provocarse erosión y absorción del agua debido a lavabos o duchas, entre otras posibilidades. En el caso del diseño para ambientes interiores, se estudiará la correcta ventilación de las estancias evitando así la aparición de humedades de condensación. A su vez, se estudiará el revestimiento adecuado para la protección de los bloques de tierra en dichos espacios.

RADIACIÓN SOLAR

Se trata del envejecimiento artificial por exposición prolongada a la combinación de radiación ultravioleta. Otro inconveniente es la alterabilidad de las resinas ante las radiaciones UV pues envejecen rápidamente. Por tanto, es necesario conocer qué tipos de composiciones acompañan al BT (productos con siliconas, consolidantes orgánicos, entre otros).

4.4. INDICADORES

Una vez descritas las determinaciones constructivas en el apartado anterior, en este se analiza el uso de indicadores como medio para evaluar la información de los productos, las características y la localización de los proyectos arquitectónicos.

Como ya se explicó en el apartado 1.2.4, la importancia de los indicadores se encuentra en la posibilidad de obtener información, comparar datos y evaluarlos mediante el desarrollo de niveles.

En primer lugar, será necesario contextualizar la evaluación en el marco normativo. A continuación, se desarrollan los bloques de estudio que clasifican a los distintos indicadores.

4.4.1. CONTEXTO NORMATIVO

El marco metodológico de esta investigación se acotará mediante ciertos aspectos de las dos normativas que definen las pautas para realizar **una evaluación basada en indicadores**:

- UNE-ISO/TS 21931-1:2010 IN
- ISO/TS 21929-1:2011

La norma **ISO/TS 21929-1:2011** establece que los *indicadores son cifras u otras medidas que permiten simplificar la información disponible de un fenómeno complejo*, como es el impacto ambiental, en una forma relativamente sencilla de utilizar y de comprender.

La cuantificación de la herramienta requiere indicadores para cada criterio seleccionado. De hecho, la especificación **UNE-ISO/TS 21931-1:2010** integra un conjunto de normas de las cuales, en esta investigación, se atenderá especialmente a la **UNE 21929-1:2010 *Marco para el desarrollo de indicadores para edificios***. Esta normativa "*define y proporciona una guía para el desarrollo y la selección de los indicadores de sostenibilidad relacionado con la construcción*".

Según las normativas analizadas, los indicadores se refieren tanto a las inquietudes de los agentes interesados como al objeto evaluado. Pueden usarse para **describir y evaluar atributos, características de edificios, productos de edificación y/o**

calidad de los procesos (incluyendo los de desarrollo, planificación, construcción y operación). La selección de un conjunto relevante de indicadores debe reflejar las inquietudes de los agentes implicados y la apropiada representación del objetivo de la evaluación.

La razón fundamental del uso de indicadores en este trabajo se justifica en **las facilidades que aportan para la toma de decisiones**. Los indicadores que se usan son *objetivos y sus resultados útiles, prácticos y fácilmente reproducibles*. Para ello toda propuesta de indicador va fundamentada en términos técnicos (AENOR, 2011a). De hecho, según la UNE 21929-1:2010, **los indicadores pueden ser usados para comparar distintas opciones de proyecto de los edificios**. Es por ello que se debe asegurar la base comparativa más apropiada en términos de comportamiento del edificio y definidos adecuadamente. En este caso, se fundamenta en una correcta determinación de los aspectos constructivos definidos en apartados anteriores que posteriormente serán comparados con los datos del proyecto.

Para el uso de los indicadores es necesario elegir los que resulten relevantes y encontrar los métodos adecuados y la información para determinar sus valores. Además, la definición de indicadores se ha configurado como *una herramienta eficaz para el análisis de tendencias y la propuesta de objetivos*. De hecho, la normativa muestra que los indicadores pueden ser entendidos como *medidas que nos permiten disponer de la información de algún elemento*. Estas medidas son **cuantitativas, cualitativas o descriptivas** siendo sus funciones principales: *la cuantificación, la simplificación y la comunicación* (García Navarro et al., 2009).

Esta investigación se basa en la utilización de indicadores cuantitativos que marquen valores cuantificables. El uso de indicadores cualitativos se asociará a aspectos relacionados con lo social, entre otros, que puedan dar lugar a otras líneas futuras de investigación.

Por otro lado, con respecto a los **tipos de indicadores posibles**, la UNE 21929-1:2010 determina y define distintos tipos:

- **Sociales**. Los indicadores sociales de los edificios se utilizan para describir cómo interactúan con aspectos relevantes de la sostenibilidad a escala de comunidad.
- **Económicos**. Los indicadores económicos muestran los flujos económicos asociados al edificio.

- **Medioambientales.** En esta investigación, serán estos los tipos de indicadores utilizados dado que marcan aspectos basados en los materiales constructivos y su durabilidad.

Si se analizan los distintos documentos indicados con anterioridad, es posible discernir que no se ajustan en su totalidad a los objetivos que se pretenden alcanzar con esta investigación por medio de la realización de una herramienta, aunque su concepto y el procedimiento que proponen son útiles para el desarrollo de la herramienta.

En primer lugar, la norma **UNE-ISO/TS 21931-1:2010 IN** tiene como objetivo definir un marco de trabajo para los métodos de evaluación del comportamiento medioambiental de los edificios. Además especifica que dicho comportamiento está relacionado con sus características, y se entenderá de forma distinta dependiendo de los puntos de vista de las partes interesadas en el mismo, por ejemplo:

- El **edificio como producto final** y como conjunto integrado de productos.
- El **edificio como soporte de procesos activos.**
- El **edificio como lugar para vivir y trabajar**, como un lugar de actividad.

En la investigación, será de especial relevancia **el edificio como producto final y como conjunto integrado de productos**. La forma en que los componentes se ensamblan tiene en cuenta los requisitos específicos contemplados en el proyecto del edificio. En consecuencia, *el comportamiento medioambiental del edificio implica aspectos relacionados con las características del edificio como producto de uso final, además de aspectos relacionados con las características del edificio como conjunto integrado de productos componentes* (AENOR, 2011a).

En el mismo discurso normativo se referencia la durabilidad de los materiales, adaptabilidad, accesibilidad, entre otros, como aspectos medioambientales de relevancia relacionados con cuestiones ambientales y la denominación de indicadores sostenibles. Por tanto, dichos conceptos son susceptibles de ser asociados a las determinaciones constructivas basadas en la **durabilidad** descritos y marcados como objetivos de esta investigación.

En segundo lugar, en el marco de trabajo establecido por la norma **UNE-ISO/TS 21931-1:2010 IN** para la evaluación del comportamiento medioambiental de los edificios se establecen los requisitos mínimos para el encuadre de los métodos, la documentación prevista y lo que debe ser incluido en los mismos. Además, se hace referencia a la relevancia de la información de la evaluación para los agentes de la edificación y las fases previstas en la vida de un edificio.

En base a los criterios establecidos, es posible encuadrar la herramienta propuesta en la figura siguiente (figura 68) como **Método para la evaluación de proyectos respetuosos con el medio ambiente** debido a que se refiere a una comparación de alternativas de diseño posibles o evaluación frente a valores objetivos establecidos. Este hecho se justifica dado que la herramienta se orienta hacia una comparación de distintas alternativas de propuestas, basadas en las experiencias, y se desarrolla en las fases de planificación y proyecto.

Usuarios previstos de la información de la evaluación	Fase prevista			
	Planificación estratégica y Proyecto básico	Proyecto de ejecución y construcción	Uso y explotación, incluyendo reparación y mantenimiento	Deconstrucción
Clientes Proyectistas Constructores Suministradores Agencias gubernamentales	Métodos para la evaluación de proyectos respetuosos con el medioambiente Comparación de alternativas de diseño posibles Evaluación frente a valores objetivos establecidos Comunicación entre cliente y proyectistas			
Propietarios Encargados de mantenimiento Jefes de obra y operarios Usuarios Promotores Agentes inmobiliarios Inversores Agencias gubernamentales		Métodos de evaluación para clasificar una edificación existente desde un punto de vista medioambiental Comunicación entre las partes interesadas para la inversión en un edificio existente		
Propietarios Proyectistas Jefes de obra y operarios Usuarios Agencias gubernamentales			Métodos de evaluación para un uso/explotación orientada hacia el medioambiente Comunicación entre las partes interesadas para la explotación del edificio Mejora continua de la explotación	

Figura 68. Intereses de los usuarios previstos de la información de la evaluación y etapas previstas del ciclo de vida. Fuente: UNE-ISO/TS 21931-1:2010 IN.

El uso de los indicadores y su evaluación mediante el EVC ayudarán a la toma de decisiones en el proyecto arquitectónico. Es por ello que será necesario conocer en qué fase del proyecto arquitectónico se llevará a cabo la evaluación para optimizar su uso.

4.4.2. PROPUESTA DE INDICADORES BASADOS EN LOS ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

La propuesta de indicadores para la herramienta denominada como estudio de viabilidad constructiva (en adelante, EVC) que se realiza, pretende definir un marco de estudio que permita la adecuada evaluación de las determinaciones explicadas con anterioridad. Los indicadores valoran y clasifican la información de la que se dispone de un producto para un proyecto arquitectónico en un lugar determinado y serán clasificados de manera similar al orden de las determinaciones. La agrupación de los indicadores se denominará **bloques de estudio** y se considerarán los siguientes:

- La **calidad del producto**.
- Los **requisitos constructivos**.
- Las **acciones externas**.

Los indicadores serán, por tanto, valores numéricos basados en conceptos y apreciaciones que han sido establecidos por medio de argumentos constructivos sobre la edificación con BT. Estos argumentos han sido elaborados mediante las opiniones de expertos en base a sus experiencias, los casos de estudio y la bibliografía específica.

Calidad del producto

En este apartado, se evaluará la información que se disponga del proyecto. En función de las necesidades y las características de la obra, será necesario mayor o menor volumen de declaración o certificación de datos. Estos datos serán tomados a partir de la ficha del producto o de los ensayos realizados para el inmueble (figura 69). Las directrices de la norma UNE 41410:2008 y las determinaciones tomadas en el apartado 4.1, definen y agrupan los indicadores dado que dicha norma *“fija las prestaciones que deben cumplir los bloques y los ensayos propios para determinarlas, así como el marcado que permite identificarlas”*. Si bien es cierto, se trata de una normativa específica del BTC, aunque por ser la única desarrollada en España con respecto a tierra, será tomada como referencia⁶⁷.

⁶⁷ Ante la falta de normativa de adobe en España, se asemejará éste a la información necesaria. El desarrollo de normativa para el adobe o BTE supondrá un avance en el EVC.



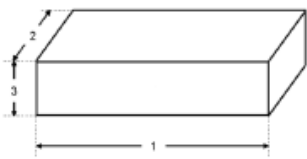
  <p>UNIVERSIDAD PÚBLICA DE NAVARRA S.A. Laboratorio de Mecánica de Suelos</p>	
<p>TERRABLOCK-BTC (Hábitat Tierra-CEETyDeS) BTC O 5, 295 x 140 x 69, UNE-41410 Año de realización de este marcado: 2013</p>	
<p>UNE 41410:2008</p>	
<p>CARACTERIZACIÓN: Dimensiones: 295 x 140 x 69 (mm) Densidad aparente seca: 1997 Kg/m³ Tolerancias dimensionales: Categoría de tolerancias: BTC P (cara vista) $T \leq 10$ mm; $T1 \leq 20$ mm; $T2 \leq 5$ mm Planicidad: $\leq 1,0$ mm Paralelismo de las caras: $\leq 2,0$ mm</p>	<p>ESQUEMA</p> 
<p>Resistencia a compresión:..... 12,70 (N/mm²) Resistencia a ciclos humectación/secado..... SATISFACTORIO Durabilidad frente al hielo/deshielo:..... NO APTO Absorción de agua por capilaridad (Cb):..... 0,005 (kg/(m² x min)) Absorción de agua total:..... 7,83 % Ensayo de erosión acelerada:..... APTO</p>	
<p>Aislamiento acústico al ruido aéreo directo: <u>Densidad aparente seca:</u> <u>Configuración:</u> Conductividad térmica:.....xx W/mK</p>	
<p>Materiales constituyentes: 47 % Arcilla roja, 47 % arena, 6 % CEM I 52,5 N Blanco Contenido en sales solubles activas:.....S2 Contenido en materia orgánica:..... $\leq 0,13$ % Sustancias peligrosas:.....No contiene</p>	
<p>Aplicaciones recomendadas: Fábrika Común Revestida (Exposición Baja).</p>	

Figura 69 Ejemplo de ficha de ensayos del BT. Fuente: Habitat tierra.

En la calidad del producto se fijarán un conjunto de características fisicoquímicas y geométricas que determinen sus cualidades constructivas y, en consecuencia, condicionen su comportamiento ante las acciones externas. En dichas circunstancias será necesario **evaluar la información que dispondría el técnico** para obtener una alta definición del producto. Para ello, se proponen los siguientes indicadores basados en los aspectos físicos, químicos y geométricos del producto (tabla 23):

Tabla 23. Tabla de bloque de estudio: Calidad del producto. Elaboración propia.

C-CA Calidad del producto	
C-CA-AF Aspectos Físicos	C-CA-AF-001 Densidad
	C-CA-AF-002 Resistencia mecánica
	C-CA-AF-003 Resistencia a ciclos de humectación/secado
	C-CA-AF-004 Resistencia a la erosión
	C-CA-AF-005 Absorción de agua por capilaridad
	C-CA-AF-006 Resistencia a ciclos de hielo/deshielo
	C-CA-AF-007 Propiedades térmicas del producto
	C-CA-AF-008 Permeabilidad al vapor de agua
	C-CA-AF-009 Adherencia
C-CA-AQ Aspectos Químicos	C-CA-AQ-001 Características de los constituyentes – Estabilizantes y la tierra utilizada (materia orgánica y contenido de sulfatos).
	C-CA-AQ-002 El agua como constituyente
	C-CA-AQ-003 Reacción al fuego
C-CA-AG Aspectos Geométricos	C-CA-AG-001 Dimensiones y tolerancias
	C-CA-AG-002 Aspecto

Requisitos constructivos

En el apartado 4.2, se acometían los requisitos constructivos para dar respuesta a ciertos aspectos del cumplimiento de la LOE: seguridad de las personas y habitabilidad y confort de las mismas. Es por ello que en este bloque de estudio, los indicadores se clasificarán en C-RC-S **Seguridad** y C-RC-H **Habitabilidad**.

A su vez, los indicadores de Seguridad (tabla 24) se dividirán entre Estructural, Incendios y situación actual.

El subapartado **Estructural** (desarrollado en el apartado 4.2.1) contempla aspectos que comprometan la resistencia mecánica y estabilidad del edificio: cómo se transmiten las cargas entre los elementos y al terreno, qué capacidad portante tiene el muro evaluado en la esbeltez del mismo, cómo se configura espacialmente y qué disposición tienen los huecos. En el subapartado se evalúan los criterios que puedan ocasionar lesiones en el muro en caso de incendios. Por último, se evalúa la estabilización de las edificaciones existentes en el caso de ejecutarse una ampliación del inmueble.

El apartado de **Habitabilidad** se constituye en base a las determinaciones constructivas de Higiene, salud y protección del medio ambiente (Salubridad), protección contra el ruido y ahorro de energía y aislamiento térmico. Estos tres subapartados se evalúan las determinaciones desarrolladas en el apartado 4.2.2.

Tabla 24. Tabla de bloque de estudio: Requisitos constructivos. Elaboración propia.

C-RC Requisitos constructivos		
C-RC-S Seguridad	C-RC-S-001 Estructural	C-RC-S-001.1 Transmisión de las cargas
		C-RC-S-001.2 Transmisión al terreno
		C-RC-S-001.3 Capacidad portante
		C-RC-S-001.4 Configuración espacial
		C-RC-S-001.5 Configuración de los huecos
	C-RC-S-002 Incendios	C-RC-S-002 .1 Seguridad en caso de incendios
	C-RC-S-003 Situación actual	C-RC-S-003.1 Estado de las lesiones existentes (en caso de ampliación)
C-RC-H Habitabilidad – Definición y protección de los espacios habitables		C-RC-ES-001 Higiene, salud y protección del medio ambiente. Salubridad
		C-RC-ES-002 Aislamiento acústico
		C-RC-ES-003 Comportamiento térmico

Acciones externas

Los parámetros externos se refieren a características y componentes a lo largo de la vida útil del producto que no dependen directamente del él, sino del entorno físico donde se implantan, de las condiciones meteorológicas del lugar y del uso. Dependen de la **función**, de la **localización** y del **ambiente** (Soroni, 1992).

Por tanto, las acciones externas que afectan a un inmueble construido con BT se agrupan en tres tipos de acciones que han sido establecidas como: **físicas**, **mecánicas** y **químicas** (tabla 25).

Tabla 25. Tabla de bloque de estudio: Acciones externas. Elaboración propia.

C- AE Acciones externas		
C-AE-F Acciones Físicas	C-AE-F-001 Factores meteorológicos	C-AE-F-001.1 Lluvia
		C-AE-F-001.2 Viento
		C-AE-F-001.3 Temperatura
	C-AE-F-002 Morfología del terreno	C-AE-F-002.1 Terreno
	C-AE-F-003 Agentes naturales	C-AE-F-003.1 Sismo
C-AE-M Acciones mecánicas	C-AE-M-001 Agentes antrópicos	C-AE-M-001 Uso del espacio
C-AE-Q Acciones Químicas	C-AE-Q-001 Organismos	C-AE-Q-001.1 Vegetación, animales y otros.
	C-AE-Q-002 Agentes antrópicos	C-AE-Q-002.1 Ambiente
	C-AE-Q-003 Agentes naturales del entorno y del terreno	C-AE-Q-003.1 Humedad del terreno
		C-AE-Q-003.2 Humedad del ambiente
C-AE-Q-003.3 Radiación solar		

En base a lo expuesto, una vez configurados la serie de indicadores que compararán la información disponible de un producto, un proyecto y la localización, es posible desarrollar la herramienta de evaluación e interpretación de los datos.

Dicha valoración será denominada como **Estudio de Viabilidad Constructiva (EVC)**. Mediante este estudio se calculará la idoneidad de los datos de partida (producto, características del proyecto arquitectónico y localización) con las determinaciones expuestas con anterioridad.

Capítulo 5

Estudio de Viabilidad Constructiva

En este capítulo, se establecen las *directrices* para realizar el estudio de viabilidad del uso del BT. En primer lugar, se desarrolla el *ámbito de la aplicación* del EVC (Estudio de Viabilidad Constructiva) y se determina la *entrada de datos* necesarios. A continuación, se desarrollan los *indicadores* para la asignación de niveles de evaluación técnica (*NET*). Posteriormente se establece la *ponderación* entre los ámbitos constructivos del muro y los indicadores, así como las distintas *combinaciones de indicadores*. Por último, se muestran las reglas de cálculo para obtener los resultados del EVC y se vinculan a una aproximación de las soluciones constructivas.

5.1. Ámbito de aplicación	173
5.2. Entrada de datos.....	181
5.3. Definición y asignación de niveles de evaluación técnica (NET)	187
5.3.1. Descripción básica de los indicadores	187
5.3.2. Criterios de elección de los niveles de evaluación técnica (NET)	188
5.3.3. Desarrollo de los niveles de evaluación técnica (NET)	190
5.4. Niveles de evaluación técnica ponderada (NETP) y factores ponderación...	234
5.4.1. Definición	234
5.4.2. Encuesta a expertos y criterios de elección	235
5.4.3 .Nivel de evaluación técnica ponderado (NETP)	236
5.5. Propuesta de combinaciones.....	243
5.6. Evaluación de los grados de idoneidad.....	249
5.7. Aproximación a recomendaciones y soluciones constructivas	260

5. ESTUDIO DE VIABILIDAD CONSTRUCTIVA

5.1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

Esta investigación propone responder a las inquietudes de los técnicos proyectistas sobre el uso del BT en la construcción actual mediante **la propuesta de un EVC del BT**.

El objetivo general del EVC es **promover la confianza en el uso del BT** y, para ello, la propuesta pretende ser una herramienta que posibilite conocer la viabilidad constructiva, ayudar en la toma de decisiones de un proyecto arquitectónico y proponer algunas soluciones constructivas adecuadas.

La extensión de la investigación hace necesario que el **ámbito de estudio** se centre en un solo tipo de intervención y un único sistema constructivo. Se desarrollarán aspectos referidos a proyectos arquitectónicos relacionados con **nuevas edificaciones** y a las fábricas situadas como cerramientos tanto si son portantes como si no⁶⁸. En este sentido, los ámbitos de este elemento constructivo son los siguientes:

- Cimentación del muro
- Base de la fábrica
- Huecos
 - Dintel
 - Jambas
 - Alféizar
- Acabados
 - Interior
 - Exterior
- Recursos técnicos
- Coronación

Así mismo, es necesario conocer cómo se relaciona el **EVC con las distintas fases de un proyecto arquitectónico**. En la figura 70, pueden observarse las 3 partes diferenciadas de un proyecto arquitectónico y la posición del EVC, así como el flujo de vínculos entre las partes:

⁶⁸ Cabe indicar que una de las futuras líneas de investigación de este EVC podría ser el desarrollo de aspectos relacionados con rehabilitación, así como otros sistemas constructivos que puedan ser ejecutados con BT. Es importante destacar que, también será posible realizar otros análisis como la viabilidad productiva, económica y la viabilidad social, entre otros. Éstas pueden ser coetáneas en el tiempo y ayudarán, igualmente, en la toma de decisiones.

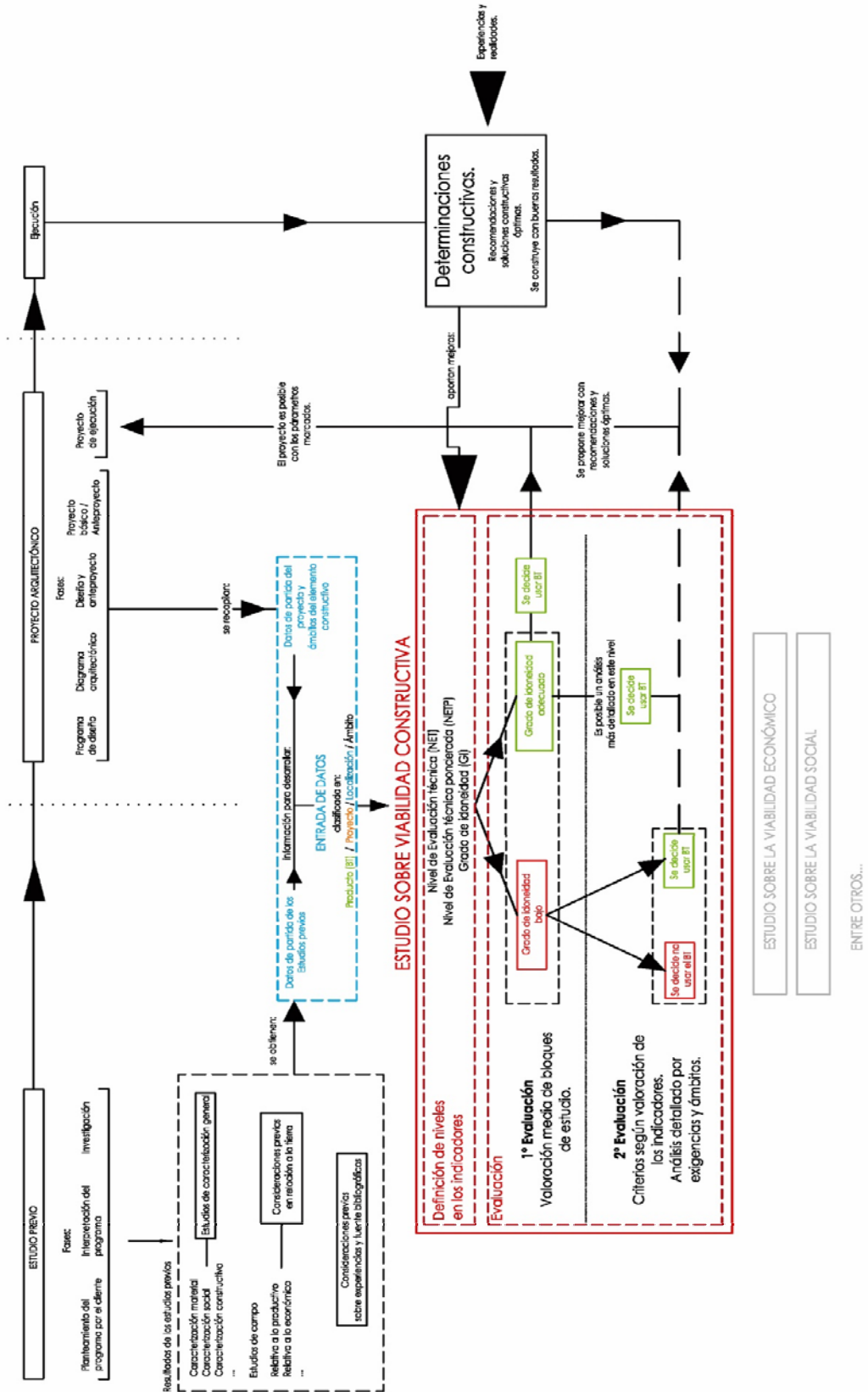


Figura 70. Esquema básico general del EVC en las fases de elaboración y construcción de un proyecto arquitectónico. Fuente: Elaboración propia.

Para obtener el máximo rendimiento de la herramienta, el **inicio del EVC se establece en la fase de estudios previos** y continúa en el desarrollo de las fases iniciales del proyecto arquitectónico. Los resultados y las decisiones que se determinan en este estudio podrán modificarse en el proyecto básico y establecerse en ciertos aspectos del proyecto de ejecución.

El EVC analiza los datos de las características iniciales de un proyecto arquitectónico⁶⁹, la localización del inmueble, la información del producto a utilizar y el ámbito en el que se va a aplicar.

Estos datos se clasifican y se denominan como **entrada de datos**. Serán contrastados con las determinaciones constructivas y evaluados por los indicadores en el procedimiento del EVC.

Las **determinaciones constructivas** son conceptos constructivos basados en las opiniones de expertos en base a sus experiencias, realidades, casos de estudio y bibliografía específica y que fueron descritos en el capítulo 4. Han sido desarrolladas y clasificadas en **3 bloques de estudio de indicadores** (calidad del producto, requisitos constructivos y acciones externas). Así mismo, las determinaciones constructivas ayudarán a desarrollar una **aproximación a recomendaciones y soluciones constructivas adecuadas para mejorar las soluciones de los proyectos arquitectónicos**.

EL EVC se desarrolla, fundamentalmente, en 3 tipos de niveles hasta conseguir el grado de idoneidad. Estos 3 valores comienzan por el **Nivel de Evaluación Técnica (NET)**, **Nivel de Evaluación Ponderada (NETP)** y, por último, el **grado de idoneidad (GI)** (figura 71).

⁶⁹ Se fundamenta en los aspectos del anteproyecto o proyecto básico y se completa con datos de los estudios previos. En este sentido, es necesario aclarar que tanto el anteproyecto como el proyecto básico no especifican aspectos relacionados con soluciones constructivas de manera detallada. Son orientaciones y propuestas previas al desarrollo del Proyecto de Ejecución, por lo tanto son susceptibles de modificaciones y mejoras.

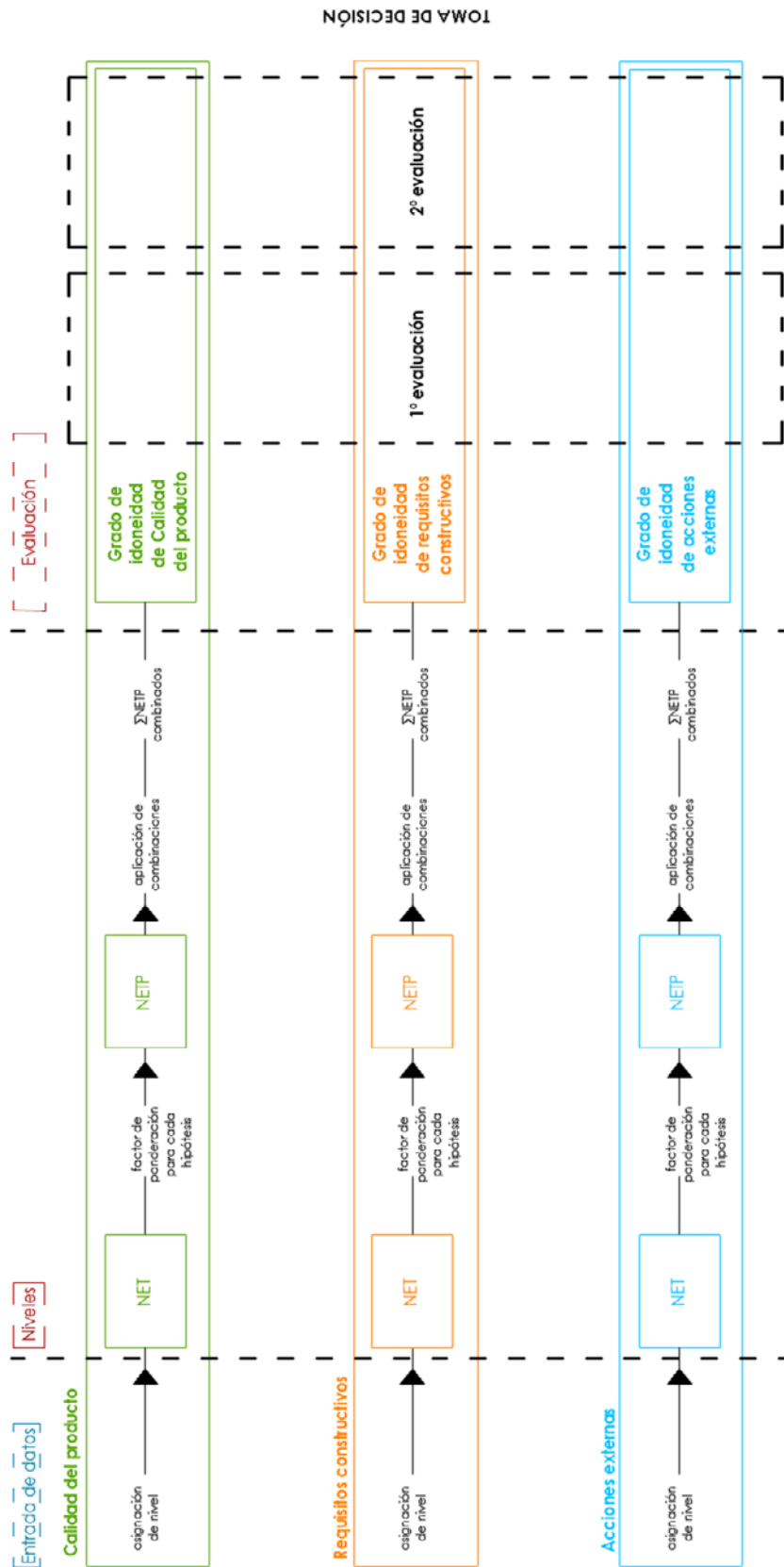


Figura 71. Secuencia de los niveles. Fuente: Elaboración propia.

Una vez establecidos los datos de partida de los estudios previos y fases iniciales del proyecto arquitectónico, será necesario realizar la asignación de valores a los indicadores y así, completar la entrada de datos. Ésta asignación corresponde la definición de los **niveles de evaluación técnica (en adelante, NET)**. La valoración directa de cada indicador (NET) será designada por el técnico proyectista. Cada indicador tiene asociado 3 valores numéricos y un color para cada valor junto a un concepto que tendrá varias opciones (tabla 26)⁷⁰.

Tabla 26. Esquema de la asignación de los NET. Ejemplo de uno de ellos. Fuente: Elaboración propia.

Color	Nivel	Explicación
Bajo	1	<ul style="list-style-type: none"> • Se trata de una volumetría irregular y asimétrica con muros aislados.
Medio	2	<ul style="list-style-type: none"> • Poca simetría y planta algo irregular pero con muros continuos, con o sin arriostramiento. • Planta regular con muros discontinuos pero arriostrados o fijados a otros elementos. • Se trata de una volumetría regular pero con elementos no continuos.
Alto	3	<ul style="list-style-type: none"> • Se trata de una volumetría regular con elementos continuos. • Se trata de una volumetría regular pero con elementos no continuos pero atados por medio de otros sistemas. • La volumetría se basa en la propia configuración del muro.

La norma UNE 21929-1 indica que la valoración de los resultados de la evaluación puede basarse en la comparación con niveles de referencia (escala de valores) definidos en la documentación del método. Estos pueden estar relacionados con códigos del edificio, exigencias del usuario y evaluación de las condiciones del área donde se ubica el edificio (AENOR, 2011a). En este sentido, los distintos valores numéricos se han determinado mediante líneas básicas predefinidas de criterios basados en experiencias, normativa y bibliografía específica. Cada uno de los criterios descritos se establece en las determinaciones constructivas.

Mediante la aplicación del color asociado a cada valor numérico se pretende ofrecer un rango de valoración. Este rango no será demasiado amplio para no inducir duda.

Bajo - 1	Medio - 2	Alto - 3
----------	-----------	----------

No todos los indicadores van a tener la misma importancia para los distintos ámbitos constructivos, por lo que su influencia final será distinta. Así, algunos tendrán mayor peso que otros, por lo que serán más decisivos en la determinación del grado de idoneidad del proyecto arquitectónico y ubicación al uso del BT.

⁷⁰ El desarrollo de todos los indicadores se realiza en el apartado 5.4.3. Desarrollo de los NET.

Es por ello que, una vez determinados **los Niveles de Evaluación Técnica (NET)** en cada indicador, se procede a la aplicación del **factor de ponderación** en función del ámbito. De esta manera se tiene en cuenta la importancia relativa de cada uno de ellos. Se pretende así que la evaluación final o grado de idoneidad se determine mediante un peso ponderado de cada parámetro establecido previamente. Con la aplicación de dicho factor de ponderación se obtendrá como consecuencia el **Nivel de Evaluación Técnica Ponderado (NETP)** (figura 72).

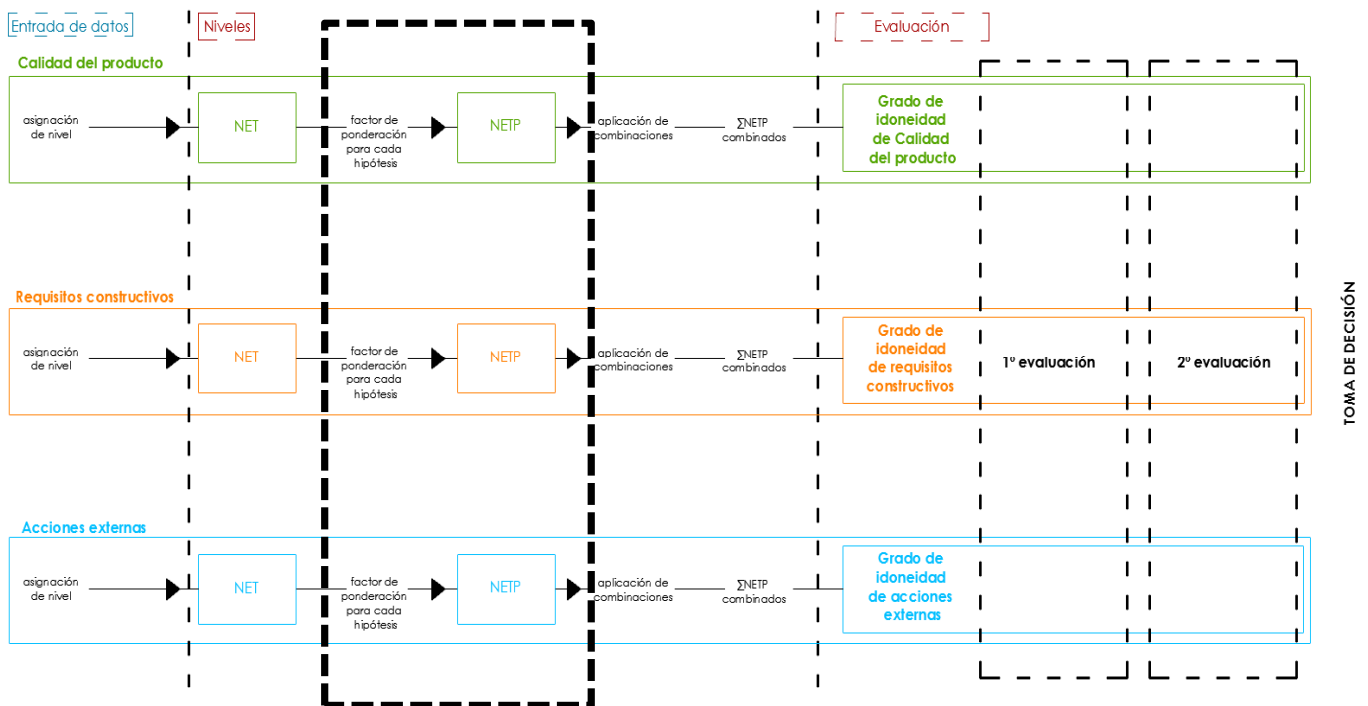


Figura 72. Secuencia de los niveles. Nivel de Evaluación Técnica Ponderado. Fuente: Elaboración propia.

El factor de ponderación se define mediante la opinión de personas cualificadas en el campo del uso del BT. Estas han sido quienes, con su conocimiento y experiencia en tierra, han valorado y jerarquizado la vinculación entre los indicadores con los ámbitos marcados. Dichos expertos marcarán el peso específico de cada ámbito con respecto a los indicadores. Con la ponderación de los valores de los NET escogidos se obtendrán los NETP en cada uno de los indicadores para cada ámbito.

Es posible que se determinen varias circunstancias a la vez que hagan disminuir los valores obtenidos con anterioridad. Por ello, la presente investigación propone también **combinaciones de indicadores** que, en caso de generarse de manera paralela, disminuirán el valor de los NETP mediante la aplicación de un **coeficiente reductor**. Se plantea así que la herramienta tomará como valor definitivo del NETP

el de menor rango numérico entre todas las combinaciones posibles y sin combinaciones de indicadores.

A continuación, la suma de los NETP obtenidos por cada indicador y ámbito serán denominados como **grados de idoneidad (en adelante, GI)** (figura 73). Se determinarán tantos grados de idoneidad como ámbitos del muro se reflejen en el estudio y uno para cada bloque de estudio, por lo que se obtendrán 3 valores numéricos. El **rango numérico** del grado de idoneidad se fija entre 1 y 3.

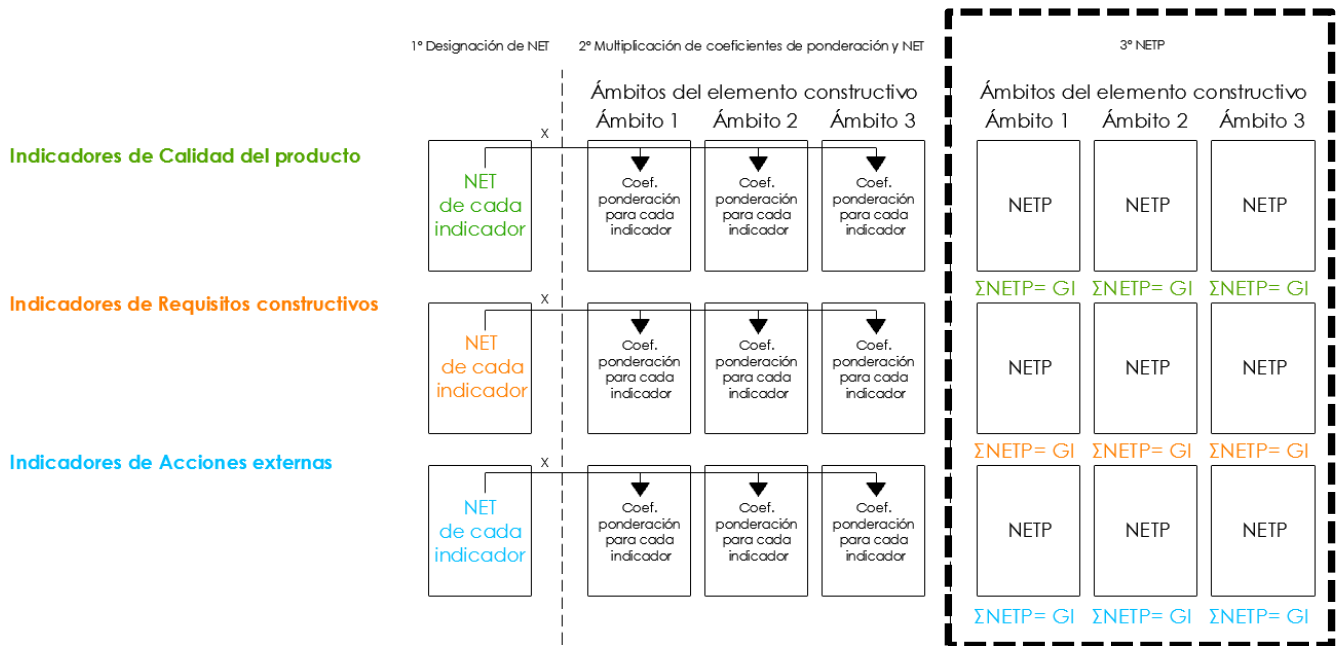


Figura 73. Esquema del procedimiento de obtención de los niveles. Fuente: Elaboración propia.

Análisis de resultados

Los resultados del EVC serán valorados mediante **dos fases de evaluación**. El primer nivel es una primera aproximación a la idoneidad del BT pero será en la aplicación del segundo nivel donde se desarrolle la idoneidad de las soluciones escogidas con mayor detalle y argumentación.

El **primer nivel de evaluación** estará basado en un valor medio de cada bloque de estudio en todos los ámbitos del elemento constructivo. Este generará un primer filtro que indicará si mediante los criterios iniciales del proyecto arquitectónico se obtiene un grado de idoneidad adecuado o bajo. Si los valores son adecuados, se recomendará el uso del BT. Si, por el contrario, los resultados no superan los criterios de evaluación del primer nivel, será necesario pasar al segundo nivel.

El **segundo nivel** estará basado en la evaluación de cada grado de idoneidad de los distintos ámbitos. Además, este nivel clasificará los resultados en función del bloque de estudio del que se trate. Este nivel es un análisis más detallado que el primer nivel.

En el caso del bloque de la **calidad del producto** será necesario conocer las exigencias normativas de las que parte el proyecto arquitectónico. El bloque de los **requisitos constructivos y las acciones externas** evaluará cada ámbito del elemento y la comparación de los resultados obtenidos con una serie de intervalos adquiridos según diversos casos de estudio. Cada ámbito tendrá 3 intervalos de idoneidad en los que se enmarcarán los GI y que determinarán si se trata de un adecuado, medio o bajo GI (tabla 27).

Tabla 27. Definición de los grados de idoneidad. Fuente: Elaboración propia.

Grado de idoneidad bajo	Grado de idoneidad medio	Grado de idoneidad adecuado
Definición de los grados de idoneidad.		
	Corresponde con un GI alto . Los datos de partida asignados y comparados con los valores numéricos de los indicadores se ajustan a unos criterios adecuados para la durabilidad del elemento. Por lo tanto, se entiende que el elemento analizado presentará unas soluciones arquitectónicas que podrían no ser modificadas.	
	Corresponde con un GI medio . Se asimilarán a datos de partida asignados que no posee un alto NET o que el valor ha sido disminuido por medio de la aplicación de ciertas combinaciones. Por lo tanto, se entiende que los criterios tomados para los datos de partida deben ser revisados para realizar una posible modificación de ciertos aspectos que puedan ser mejorados.	
	Corresponde con un GI bajo . Los datos de partida se asimilan con unos bajos valores numéricos de los indicadores en cuanto a los NET o a valores medios que han sido disminuidos por la aplicación de ciertas combinaciones que están vigentes. Este valor requerirá de una revisión profunda que modifique los datos de partida escogidos.	

Por último, mediante las **recomendaciones y soluciones constructivas** desarrolladas a partir de las determinaciones constructivas se podrán mejorar los resultados obtenidos en los GI.

A continuación, se detallará cada uno de las fases del EVC.

5.2 ENTRADA DE DATOS

En los siguientes apartados, se procede al desarrollo del procedimiento del EVC. Este se compone en primer lugar de la **entrada de datos** y a continuación de la **asignación de niveles** y por último, la **evaluación**.

En primer lugar, se analizan y clasifican los datos recopilados en el estudio previo y anteproyecto o proyecto básico, así como los ámbitos del elemento constructivo resultando 3 apartados que son denominados como entrada de datos (figura 74):

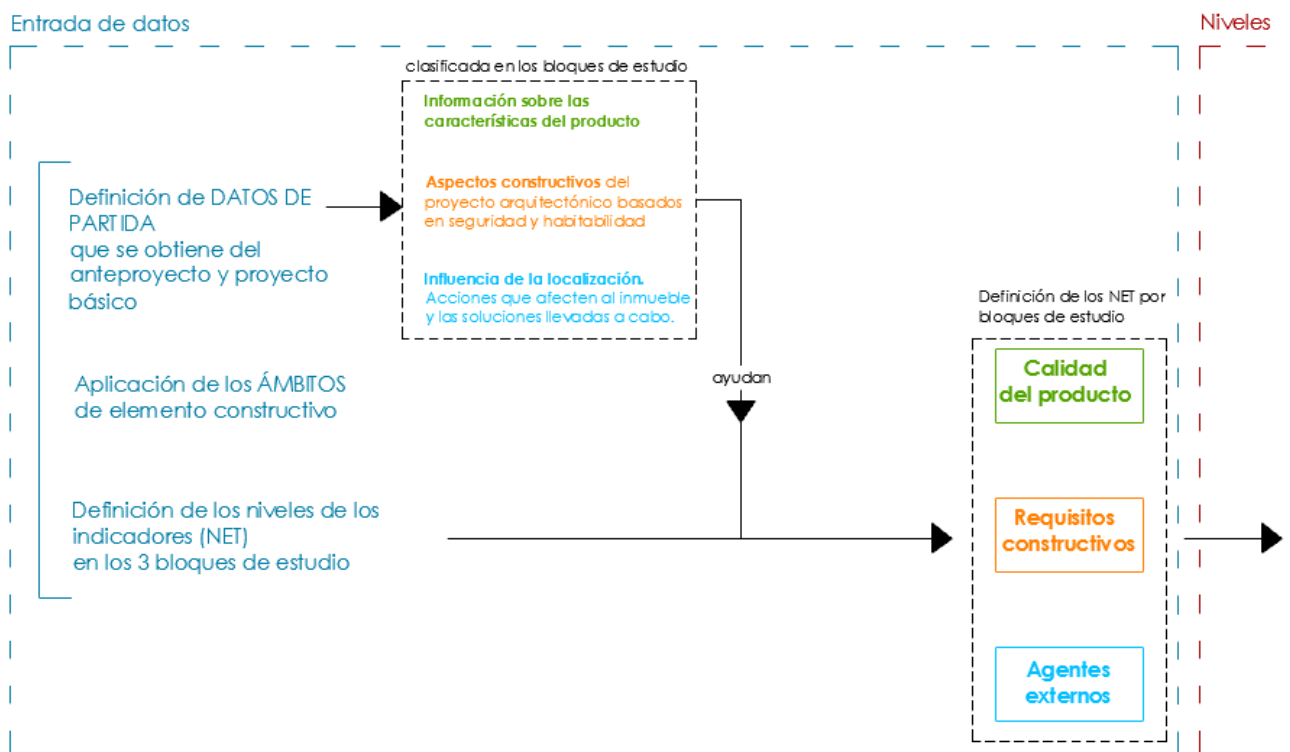


Figura 74. Entrada de datos. Fuente: Elaboración propia.

Primero, se clasifican los **datos de partida** que se han recopilado de los estudios previos y las fases iniciales del proyecto en función de los 3 bloques de estudio. A continuación, se definen los ámbitos en los que se aplicará el EVC (en este estudio, el ámbito será el muro). En último lugar, se definen los **niveles de los indicadores** de cada bloque de estudio con la ayuda de los datos de partida.

La **definición de los datos de partida** será el comienzo del procedimiento del EVC y se clasificará de la siguiente manera basada en los bloques de estudio (tabla 28):

Tabla 28. Definición de los datos de partida clasificados en los bloques de estudio. Fuente: Elaboración propia.

Bloques de estudio	Datos a aportar
1) Calidad del producto. <i>Sobre las características del BT.</i>	Tipo de producción del BT. Tipo de BT y composición. Declaración de datos Certificación de datos
2) Requisitos constructivos. <i>Sobre el proyecto arquitectónico.</i>	Características generales del inmueble y las exigencias. Estimación de la tipología constructiva e identificación. Características del muro.
3) Agentes externos. <i>Sobre la localización.</i>	Aspectos ambientales. Aspectos del terreno. Aspectos patrimoniales. Aspectos normativos.

A continuación se exponen los datos de partida a tener en cuenta de modo desarrollado:

Primer bloque de estudio: Calidad del producto.

En este primer bloque de estudio se establecen los siguientes criterios (tabla 29):

Tabla 29. Definición de los datos de partida para la calidad del producto. Fuente: Elaboración propia.

Datos a aportar	Desglose de los datos	Posibles opciones
Tipo de producción	In situ o externa	In situ / Externa
Tipo de BT y composición	Tipo de estabilizante	Cemento / Cal / Otro
	Densidad prevista	Densidad en Kg/m ³
	Utilización de fibras	Si /No
	Indicación de la composición del agua utilizada	Si /No
	Materia orgánica o sales en el bloque o información sobre ello	Si /No
Declaración de datos (y Certificación)	Densidad aparente y absoluta.	Si /No
	Resistencia mecánica	Si /No
	Resistencia a ciclos de humectación y secado.	Si /No
	Resistencia a la erosión.	Si /No
	Absorción por capilaridad- permeabilidad al vapor de agua.	Si /No
	Resistencia a ciclos de hielo/deshielo	Si /No
	Propiedades térmicas del bloque.	Si /No
	Permeabilidad al vapor de agua.	Si /No
	Tipo de estabilizante declarado.	Si /No
	Características del agua.	Si /No
	Resistencia al fuego.	Si /No
	Dimensiones y tolerancias.	Si /No
	Planeidad declarada. Posibilidad de defectos y alveolos.	Si /No

Segundo bloque de estudio: Requisitos constructivos.

En el segundo bloque de estudio se establecen los siguientes criterios (tabla 30):

Tabla 30. Definición de los datos de partida para los requisitos constructivos. Fuente: Elaboración propia.

Datos a aportar	Desglose de los datos	Posibles opciones
Aspectos generales	Localización del proyecto	Ciudad / Rural
Características generales del inmueble	Altura aproximada del edificio en metros.	En metros.
	Nº de plantas	En números
	Composición espacial	Simétrica / No simétrica
	Uso del edificio	Residencial / Administrativo / Educación / Otro.
Características del muro	Localización del bloque en fachada	Exterior / Interior/Ambos
	Tipo de revestimiento del muro o cara vista *	Cara vista / Revestimiento
	Tipo de mortero a utilizar	Mortero de Cal / Cemento / Otro.
	Previsión de altura del apoyo del muro.	En metros
	Tipo de apoyo del muro en la cimentación	Plano / Irregular / No procede.
	Previsión de cimentación	Si / No / No procede.
	Arriostramiento del muro	Vigas / Muros perpendiculares / Otros / No procede
	Esbeltez del muro	En metros
	Volumetría del muro	Regular / Irregular
	Configuración de los huecos	Sin huecos / Con huecos
	Espesor previsto	Hiladas o metros.
	Zócalo	Si / No / No procede.
Elementos de protección	Cornisa	Si / No / No procede.
Características generales constructivas	Tipología estructural	Muros de carga / Estructura independiente
	Sistema constructiva: portante o no portante	Portante / No portante
	Estructura: identificación de cargas y sobrecargas	Centradas / Excéntricas
Exigencias en el proyecto arquitectónico	Exposición severa	Si / No
	Cara vista	Si / No
	Aislamiento térmico	Si / No
	Parámetro exterior	Si / No
	Exigencias acústicas	Si / No
	Exigencias estructurales	Si / No
	Exigencias de resistencia al fuego	Si / No

Algunas características se compartirán en bloques de estudio de indicadores.

En este bloque es necesario aclarar y definir las **exigencias en el proyecto arquitectónico** y cuándo deben ser tenidas en cuenta⁷¹. Cada una de ellas tendrá especial transcendencia en la herramienta ya que en función de las que se apliquen serán necesarios unos ensayos u otros. Las exigencias de **exposición severa y cara vista** ya fueron descritas en el apartado 4.1.2. En resto de las exigencias son:

- **Aislamiento térmico:** Cuando se trate de recintos habitables (residenciales, docentes, sanitarios, administrativos...) en contacto con el exterior, así como la separación de los mismos con otros recintos no habitables donde no existan personas (Ministerio de Fomento, 2007a). No obstante, esta exigencia debe ser verificada con la normativa CTE DB HE para la caracterización y cuantificación de la exigencia.
- **Paramento exterior:** Cuando se trata de fábricas que estén en contacto con el exterior ya sean revestidas o no.
- **Exigencias acústicas:** Cuando se trate de recintos habitables (residenciales, docentes, sanitarios, administrativos...) así como la separación de los mismos con otros recintos no habitables ruidosos (Ministerio de Fomento, 2007a). No obstante, para esta exigencia debe ser contrastado su cumplimiento por medio de la normativa CTE DB HR en base al aislamiento acústico a ruido aéreo y de impactos.
- **Exigencias estructurales:** Cuando se trate de muros portantes o aquellos que posean el BT como hoja principal.
- **Exigencias de resistencia al fuego:** Cuando se trate de muros portantes, que posean el BT como hoja principal, así como aquellos casos en los que sean definidos en la normativa CTE DB SI.

Tercer bloque de estudio: Acciones externas.

En el que se establecen los siguientes criterios (tabla 31):

Tabla 31. Definición de los datos de partida para las acciones externas. Fuente: Elaboración propia.

Aspectos ambientales	Tipo de terreno donde intervenir.
	Pluviometría. Localizar la zona pluviométrica de promedios en la que se encuentra según CTE.
	Viento predominante. Estimar el viento dominante.

⁷¹ Estos criterios están relacionados con la información descrita en el apartado 4.1.2 del capítulo 4.

	Zona eólica. Temperatura en el año. Obtener la temperatura media del lugar incluyendo la posibilidad de heladas. Además, conocer el tipo de clima en base a si es un clima húmedo o seco. Humedad del ambiente. Es posible que debido a la actividad que sucede en el interior, se cree un grado de humedad que deba ser considerado.
Aspectos del terreno	Morfología del terreno. Determinar la pendiente del terreno en los alrededores de la edificación, si esta se encuentra hacia el inmueble o en contra. Sismo. Será necesario conocer el coeficiente a_g de la zona. Humedad en el terreno. Si es posible, obtener la altura media del nivel freático. Uso del espacio exterior.
Aspectos patrimoniales	Catálogo Normas específicas Grado de protección Estrategias de sostenibilidad Normas constructivas específicas
Otros	Tipo de vegetación colindante Tipo de contaminación posible Uso del espacio colindante

Los **ámbitos** que se proponen son: cimentación del muro y conexión al muro, base del muro, huecos (dintel, jambas y alféizar), acabados (interior y exterior), recursos técnicos y coronación (figura 75).

Ejecución de muros		
Cimentación		No
Base del muro		
Huecos en el muro		
	Dintel	Si
	Jambas	Si
	Alféizar	Si
Acabados		
	Interior	Si
	Exterior	Si
Instalación de recursos técnicos		Si
Coronación del muro		

Figura 75. Elección de ámbitos del elemento constructivo en el EVC. Fuente: Elaboración propia.

Si alguno de los ámbitos no es de aplicación, la herramienta tomará su valor como 0 (este aspecto se desarrollará con más detalle en el apartado de evaluación correspondiente con el punto 5.7).

A continuación se desglosa cuándo se debe proceder a la evaluación de cada ámbito:

- **Cimentación.** Se anulará la definición de la cimentación si está realizada con otro material que no sea BT.
- **Instalación de recursos técnicos.** No se tendrá en cuenta la instalación de recursos técnicos si la definición del muro contiene otro sistema por el interior (como por ejemplo, trasdosado) o exterior que aloje los recursos técnicos y no afecten a la fábrica de BT.
- **Huecos.** Será nulo cuando el muro no posea huecos.
- **Acabados.** Si una de las caras del BT se encuentra colindante con otro material y no necesidad de colocación de acabado.

Una vez definidos los niveles de los indicadores finaliza la entrada de datos. A continuación, se procede a la **designación de los niveles de los indicadores equivalente a los NET** con la ayuda de los datos de partida, el cual será explicado y desarrollado en el siguiente apartado.

5.3. DEFINICIÓN Y ASIGNACIÓN DE NIVELES DE EVALUACIÓN TÉCNICA (NET)

Una vez analizada la entrada de datos. En los apartados siguientes se desarrollará cada uno de los niveles, obtención de resultados y análisis de los mismos de manera detallada.

5.3.1. DESCRIPCIÓN BÁSICA DE LOS INDICADORES

La descripción básica de los indicadores estará fijada según la UNE 21929-1. La normativa muestra que el indicador debe estar acompañado de una explicación que describa cómo asignar el valor al mismo y que será definido como NET para que pueda ser utilizado como indicador de evaluación. La utilidad de los indicadores puede aumentar mediante la creación de un valor de referencia con el que comparar el valor del indicador. Con frecuencia, los indicadores también requieren una fuente de información según la cual puede calcularse su valor (AENOR, 2011a). En base a dichos criterios, se propone la siguiente estructura para la definición de cada indicador (tabla 32):

Tabla 32. Estructura de los indicadores. Elaboración propia.

Concepto:		Código:
Raíz:		
Descripción del parámetro:		
Consideraciones técnicas:		
Niveles de evaluación técnica:		
Color	Nivel	Concepto
Bajo	1	
Medio	2	
Alto	3	
Normas:		
Ejemplo: UNE 41410:2008.		
Referencias:		
Bibliografía de consulta. Ampliación de conocimientos		

Descripción de cada apartado:

- **Concepto:** Se trata del nombre del indicador.
- **Código:** Los códigos se ajustarán y definirán en base al grupo.

- **Raíz:** Se trata del grupo en el que se encuentra englobado el indicador. Si continuamos con el indicador anterior será de la siguiente forma: Viabilidad constructiva > Acciones externas > Acciones químicas >Agentes naturales > Humedad del terreno – Nivel freático.
- **Descripción del parámetro:** Se define el objetivo mediante la denominación del NET.
- **Consideraciones técnicas:** Se explican algunos criterios a tener en cuenta para la elección del NET.
- **Niveles de evaluación técnica:** Apartado en el que se indican y describen los niveles con los que el técnico evaluará su intervención. Este aspecto será detallado con más profundidad en el apartado de *Niveles de Evaluación Técnica*.
- **Normas:** Se indican las normativas de referencia tenidas en cuenta para la definición de los niveles.
- **Referencias:** Se nombra la bibliografía de referencia para la redacción de los NET del indicador así como la existencia de fuentes de información sobre materiales locales.

La denominación de cualquier indicador se realiza de la siguiente forma:

C-AE-AQ-003.3 Humedad del terreno – Nivel freático

Donde:

- 1) C= Constructivo
- 2) CA= Calidad del producto; RC= Requisitos constructivos; AE= Acciones externas
- 3) S=Seguridad; H=Habilitabilidad; AF=Aspectos físicos; AQ= Aspectos químicas; F=Acciones físicas; Q=Acciones Químicas; M=Acciones mecánicas.

5.3.2. CRITERIOS DE ELECCIÓN DE LOS NIVELES DE EVALUACIÓN TÉCNICA (NET)

Como se explicaba con anterioridad, cada indicador tiene asignados tres valores numéricos referidos a unos conceptos. De hecho, la determinación del valor numérico de cada indicador es el **NET**. Será necesario leer con detenimiento y aso-

ciar los valores de cada nivel con las características del proyecto y el lugar de ubicación del proyecto arquitectónico.

Así mismo, la elección de los distintos niveles parte de observaciones y apreciaciones del técnico usuario del estudio. Destacará su apreciación y similitud de la realidad con lo expuesto en cada indicador.

Para los datos de partida y elección de niveles se emplea una hoja de cálculo en la que se volcará la información recabada.

La asignación de un valor 3 en los distintos indicadores corresponderá con un valor positivo con respecto a ese indicador señalado. Evidentemente, un valor de 1 evidenciará un valor negativo marcado para dicho criterio y una elección de nivel 2 se relaciona con una posición moderada. El criterio del técnico será el que delimite la elección para cada parámetro. En caso de varias posibilidades siempre se escogerá el valor más restrictivo.

Por otro lado, en el caso de los valores de calidad del producto, será necesario discernir entre producción in situ o producción externa dado que los valores pueden ser diferentes o precisar de definiciones distintas.

La hoja de cálculo se ha diseñado con un formato condicional de forma que en función del valor del NET, la celda tome un color determinado. El color verde evidenciará un alto NET, el amarillo una posición moderada y el color rojo un bajo NET.

Es posible que, en ocasiones, la elección del nivel de evaluación no sea directa y dé lugar a la confusión entre uno o más rangos. Además, dado que el proceso se extiende durante la elaboración del proyecto arquitectónico, en función de la evolución del mismo la nivelación de los distintos indicadores puede cambiar.

Una vez marcados los NET, mediante la hoja de cálculo se obtendrá la ponderación de los valores, así como los resultados tanto individuales como en conjunto de las distintas combinaciones que formarán los grados de idoneidad.

5.3.3. DESARROLLO DE LOS NIVELES DE EVALUACIÓN TÉCNICA (NET)

En este apartado se muestra y desarrolla cada indicador.

C-CA Calidad del producto

Esta evaluación se centra en conocer y evaluar la obtención de datos y certificación de especificaciones para la máxima definición del producto utilizado mediante laboratorios especializados o ensayos conocidos según las normativas UNE determinadas en la normativa UNE 41410:2008.

C-CA-AF Aspectos físicos

C-CA-AF-001 Densidad

Concepto: Densidad		Código: C-CA-AF-001
Raíz: Calidad del producto>Aspectos físicos		
Descripción del parámetro: Conocer con antelación la densidad del producto ayudará a prever posibles soluciones con respecto a otros criterios arquitectónicos y establecer la posibilidad del cumplimiento acústico para la densidad absoluta.		
Consideraciones técnicas: ¿Qué nos interesa saber sobre la densidad? <ul style="list-style-type: none"> •Qué tipo de densidad aparente y absoluta en seco (Kg/m³) se obtiene en la información del producto según la UNE-EN 772-13:2001. •La posibilidad de la certificación de los datos de la densidad. 		
Niveles:		
Color	Nivel	Explicación
Bajo	1	Producción externa. El fabricante no declara ni la densidad aparente y ni la absoluta del bloque de tierra. En la producción in situ , no será posible realizar ningún ensayo que aporte la densidad del producto.
Medio	2	Producción externa. El fabricante aporta valores de densidad pero no refleja los ensayos llevados a cabo o la certificación de los mismos. En la producción in situ , no será posible certificar la densidad obtenida.
Alto	3	Producción externa. El fabricante declara la densidad aparente y absoluta del bloque de tierra, así como su certificación. En la producción in situ , será posible determinar valores de la densidad obtenida mediante ensayos certificados.
Normativa: Página 10 – UNE 41410:2008 - (Aenor, 2008b)		
Referencias: (García Casals, 2003; Morton, 2008a; Rigassi & CRATerre-EAG, 1995)		

C-CA-AF-002 Resistencia mecánica

Concepto: Resistencia mecánica		Código: C-CA-AF-002
Raíz: Calidad del producto>Aspectos físicos		
Descripción del parámetro: Conocer con antelación la resistencia a compresión del BT ayudará a desarrollar posibles soluciones constructivas con respecto a otros criterios arquitectónicos del proyecto y a cumplir las exigencias estructurales.		
Consideraciones técnicas:		
¿Qué nos interesa saber sobre la resistencia a compresión?		
<ul style="list-style-type: none"> •Según UNE 41410:2008, para el cálculo de la resistencia a compresión del BTC, se seguirá el procedimiento descrito en la Norma UNE-EN 772-1:2002 (aunque ya existe UNE-EN 772-1:2011), con la salvedad de que sólo se admitirá el ensayo de piezas enteras secadas al aire, no siendo, por tanto, de aplicación los apartados 7.3.3, 7.3.4 y 7.3.5 de dicha norma). Para el cálculo de la resistencia normalizada a compresión, se aplicará a la resistencia característica obtenida tras el ensayo solamente el factor de forma correspondiente, sin aplicar el factor de conversión debido al acondicionamiento de la pieza (Aenor, 2008b). 		
Niveles:		
Color	Nivel	Explicación
Bajo	1	Producción externa. El fabricante no declara la resistencia a compresión del BT. En la producción in situ, no será posible la comprobación de la resistencia a compresión del producto elaborado.
Medio	2	Producción externa. El fabricante declara la resistencia a compresión del bloque de tierra sin aludir a los ensayos realizados. No se certifica la resistencia a compresión. En caso de fabricación in situ será posible la declaración de la resistencia a compresión, pero no su certificación.
Alto	3	Producción externa. El fabricante declara la resistencia a compresión del bloque de tierra mediante ensayos certificados junto con la orientación, el método, el acondicionamiento y la preparación de la superficie. En caso de fabricación in situ, será posible la certificación y declaración de la resistencia a compresión.
Normativa: Página 13 – UNE 41410:2008 - (Aenor, 2008b)		
Referencias: (Barbeta Solà, 2010; Carcedo Fernández, 2012; Mas & C. Kirschbaum, 2011; M. A. Rodríguez & Saroza, 2006; Saroza et al., 2008)		

C-CA-AF-003 Resistencia a ciclos de humectación / secado

Concepto: Resistencia a ciclos de humectación/secado		Código: C-CA-AF-003
Raíz: Calidad del producto>Aspectos físicos		
Descripción del parámetro: Conocer con antelación la resistencia a los ciclos de humectación y secado del BT aportará datos acerca de posibles soluciones constructivas que no suponga un deterioro del material ante exposiciones severas.		
Consideraciones técnicas:		
¿Qué nos interesa saber sobre la resistencia a ciclos de humectación y secado?		
<ul style="list-style-type: none"> •En el ensayo, al encontrarse en exposición severa, la fábrica debe ser capaz de soportar los seis ciclos de humectación y secado sin observarse una serie de condiciones (ensayo específico de la UNE 41410:2008). •El deterioro provocado por estos ciclos en la superficie, hace que aumente la descomposición del material más rápidamente (Falseto, 2012). 		
Niveles:		
Color	Nivel	Explicación
Bajo	1	Producción externa , el fabricante no declara ningún aspecto sobre la resistencia a ciclos de humectación y secado. En la producción in situ , no será posible la declaración de la resistencia a ciclos de humectación y secado.
Medio	2	Producción externa , el fabricante declara acerca de la resistencia a ciclos de humectación y secado sin certificación. En la producción in situ , será posible la declaración de la resistencia a ciclos de humectación y secado pero no, su certificación.
Alto	3	Producción externa , el fabricante declara y certifica la resistencia a ciclos de humectación y secado. En la producción in situ , será posible la declaración y la certificación del producto.
Normativa: Página 14 - UNE 41410:2008 - (Aenor, 2008b) ASTM D559: 1989 – Ensayo de humectación y secado.		
Referencias: (Falseto, 2012; Guettala, Abibsi, & Houari, 2006)		

C-CA-AF-004 Resistencia a la erosión

Concepto: Resistencia a la erosión		Código: C-CA-AF-004
Raíz: Calidad del producto>Aspectos físicos		
Descripción del parámetro: Establecer la resistencia a la erosión del material ayudará a proponer soluciones constructivas que eviten la degradación del material por acciones externas, sobre todo exposiciones severas.		
Consideraciones técnicas:		
¿Qué nos interesa saber sobre la resistencia a la erosión?		
<ul style="list-style-type: none"> •Acerca de la erosión producida en los bloques tras el curado durante 28 días. •Según ensayo erosión acelerada SAET. 		
Niveles:		
Color	Nivel	Explicación
Bajo	1	Producción externa , el fabricante no declara ningún aspecto sobre la resistencia a erosión. En la producción in situ , en caso de fabricación in situ, no será posible la declaración de la resistencia a erosión.
Medio	2	Producción externa , el fabricante declara acerca de la resistencia a erosión sin certificación. En la producción in situ , será posible la declaración de la resistencia a erosión pero no, su certificación.
Alto	3	Producción externa , el fabricante declara y certifica la resistencia a erosión. En la producción in situ , será posible la declaración y la certificación del producto.
Normativa: Página 14 - UNE 41410:2008 - (Aenor, 2008b)		
Referencias: (Barbeta Solà, 2010; Falceto, 2012; Guettala et al., 2006; K. A. Heathcote, 1995; Jové Sandoval et al., 2011)		

C-CA-AF-005 Absorción de agua por capilaridad

Concepto: Absorción de agua por capilaridad**Código:** C-CA-AF-005**Raíz:** Calidad del producto>Aspectos físicos**Descripción del parámetro:** Conocer la absorción de agua por capilaridad del material permitirá definir correctamente las posibilidades del uso del BT al exterior y cara vista en el proyecto arquitectónico.**Consideraciones técnicas:****¿Qué nos interesa saber sobre la absorción de agua por capilaridad?**

- Los que están al exterior y cara vista tendrán especial relevancia con la absorción de agua por capilaridad.
- La resistencia se determina mediante el Coeficiente de absorción C_b .
-

Niveles:

Color	Nivel	Explicación
Bajo	1	Producción externa , el fabricante no declara ningún aspecto sobre la absorción de agua por capilaridad. En la producción in situ , no es posible declarar acerca de la absorción de agua por capilaridad.
Medio	2	Producción externa , el fabricante declara acerca de la absorción de agua por capilaridad. En la producción in situ , es posible declarar acerca de la absorción de agua por capilaridad, pero no es posible su certificación.
Alto	3	Producción externa , el fabricante declara y certifica la absorción de agua por capilaridad mediante su coeficiente de absorción (C_b). En la producción in situ , es posible declarar y certificar la absorción de agua por capilaridad.

Normativa:

Página 14 - UNE 41410:2008 - (Aenor, 2008b)
 UNE EN 772-11:2001 (modificada por UNE EN 772-11:2011).
 CTE DB HS Apartado 1

Referencias:

(Cid Falceto, 2012; Guettala et al., 2006)

C-CA-AF-006 Resistencia a ciclos de hielo/deshielo

Concepto: Resistencia a ciclos de hielo/deshielo		Código: C-CA-AF-006
Raíz: Calidad del producto>Aspectos físicos		
Descripción del parámetro: Conocer la resistencia a ciclos de hielo/deshielo del material permitirá definir correctamente las posibilidades del uso del BT sin proteger en el proyecto arquitectónico.		
Consideraciones técnicas:		
¿Qué nos interesa saber sobre la resistencia a ciclos de hielo/deshielo?		
<ul style="list-style-type: none"> •La capacidad que tiene el bloque para soportar los ciclos de hielo/deshielo. •Según la UNE 41410:2008, cuando el producto se utilice protegido frente a la penetración de agua (por ejemplo, mediante capa de enlucido, revestimiento, pared interior de una cavidad del muro, muros internos), no es necesario hacer referencia a la resistencia al hielo/deshielo. 		
Niveles:		
Color	Nivel	Explicación
Bajo	1	Producción externa , el fabricante no declara ningún aspecto sobre la resistencia a hielo/deshielo. En la producción in situ , no es posible declarar acerca de la resistencia a hielo/deshielo.
Medio	2	Producción externa , el fabricante declara acerca de la resistencia a hielo/deshielo sin certificación. En la producción in situ , es posible declarar acerca de la resistencia a hielo/deshielo, pero no es posible su certificación.
Alto	3	Producción externa , el fabricante declara y certifica la resistencia a hielo/deshielo. En la producción in situ , es posible declarar y certificar la resistencia a hielo/deshielo.
Normativa: Página 14 - UNE 41410:2008 - (Aenor, 2008b)		
Referencias: (Guettala et al., 2006)		

C-CA-AF-007 Propiedades térmicas del producto

Concepto: Propiedades térmicas del producto		Código: C-CA-AF-007
Raíz: Calidad del producto>Aspectos físicos		
Descripción del parámetro: Conocer las propiedades térmicas del material permitirá definir correctamente las posibilidades del uso del BT con exigencias térmicas en el proyecto arquitectónico.		
Consideraciones técnicas:		
¿Qué nos interesa saber sobre las propiedades térmicas?		
<ul style="list-style-type: none"> •En función de los usos para los cuales se comercializa el BTC, y en todos los casos para bloques que vayan a usarse en construcciones sujetas a exigencias de aislamiento térmico, el fabricante debe facilitar la información sobre las propiedades térmicas del producto. Entre ellas se evaluará que indique el Coeficiente de conductividad térmica, el calor específico y la capacidad calorífica o inercia térmica (CTE – UNE-EN 1745:2002 anulada por UNE-EN 1745:2013). 		
Niveles:		
Color	Nivel	Explicación
Bajo	1	Producción externa , el fabricante no declara ningún aspecto sobre las propiedades térmicas En la producción in situ , no es posible declarar acerca de las propiedades térmicas-
Medio	2	Producción externa , el fabricante declara acerca de las propiedades térmicas sin certificación. En la producción in situ , es posible declarar acerca de las propiedades térmicas, pero no es posible su certificación.
Alto	3	Producción externa , el fabricante declara y certifica las propiedades térmicas. En la producción in situ , es posible declarar y certificar las propiedades térmicas.
Normativa: Página 14 - UNE 41410:2008 - (Aenor, 2008b) CTE DB HS 1		
Referencias: (K. Heathcote, 2011; Jové Sandoval & Cavero, 2013)		

C-CA-AF-008 Permeabilidad al vapor de agua

Concepto: Permeabilidad al vapor de agua		Código: C-CA-AF-008
Raíz: Calidad del producto>Aspectos físicos		
Descripción del parámetro: Conocer la permeabilidad al vapor de agua del material permitirá definir correctamente las posibilidades del uso del BT situado en parámetro exterior en el proyecto arquitectónico.		
Consideraciones técnicas:		
¿Qué nos interesa saber sobre la permeabilidad al vapor de agua?		
<ul style="list-style-type: none"> • Si están en parámetro exterior. Al igual que la absorción de agua por capilaridad, este apartado será exigible cuando el bloque esté formando la hoja principal o se requiera como aislamiento térmico. • Según UNE-EN ISO 12572:2016 		
Niveles:		
Color	Nivel	Explicación
Bajo	1	Producción externa , el fabricante no declara ningún aspecto sobre la permeabilidad al vapor de agua. En la producción in situ , no es posible declarar ningún aspecto sobre la permeabilidad al vapor de agua.
Medio	2	Producción externa , el fabricante declara acerca sobre la permeabilidad al vapor de agua. En la producción in situ , es posible declarar acerca de la permeabilidad al vapor de agua pero no, su certificación.
Alto	3	Producción externa , el fabricante declara y certifica sobre la permeabilidad al vapor de agua. En la producción in situ , es posible declarar y certificar sobre la permeabilidad al vapor de agua.
Normativa: Página 15 - UNE 41410:2008 - (Aenor, 2008b)		
Referencias: (Cid Falceto, 2012; Yuste, 2009)		

C-CA-AF-009 Adherencia

Concepto: Adherencia		Código: C-CA-AF-009
Raíz: Calidad del producto>Aspectos físicos		
<p>Descripción del parámetro: Conocer la resistencia de la adherencia a cortante de la pieza en combinación con un tipo específico de mortero en fábricas con exigencias estructurales.</p>		
<p>Consideraciones técnicas:</p> <p>¿Qué nos interesa saber sobre la adherencia?</p> <ul style="list-style-type: none"> •Tipo de mortero, tipo de bloque y trabajo del operario. •La calidad del mortero debe ser alta con un contenido de arcilla alto para obtener una buena adherencia y una alta resistencia a la flexión. •Según UNE EN 998-2:2004 (modificada porUNE EN 998-2:2012). Mortero de albañilería. 		
Niveles:		
Color	Nivel	Explicación
Bajo	1	<p>Producción externa, el fabricante no declara ni certifica acerca de la adherencia del material.</p> <p>En la producción in situ, no es posible declarar ni certificar sobre la adherencia del material.</p>
Medio	2	<p>Producción externa, el fabricante declara pero no certifica acerca de la adherencia del material.</p> <p>En la producción in situ, es posible declarar acerca de la adherencia del material, pero no, sobre la certificación.</p>
Alto	3	<p>Producción externa, el fabricante declara y certifica sobre la adherencia del material.</p> <p>En la producción in situ, es será posible declarar y certificar sobre la adherencia del material.</p> <p>Ambos casos. La calidad del trabajo del operario puede ser considerada adecuada.</p>
<p>Normativa: Página 15 - UNE 41410:2008 - (Aenor, 2008b)</p>		
<p>Referencias: (Jové Sandoval et al., 2011; Minke, 2005; P. Gatani, 2000)</p>		

C-CA-AQ Aspectos químicos

C-CA-AQ-001 Características de los constituyentes – Estabilizantes y la tierra utilizada (materia orgánica y contenido de sulfatos)

Concepto: Estabilizantes y la tierra utilizada		Código: C-CA-AQ-001												
Raíz: Viabilidad constructiva > Aspectos químicos														
<p>Descripción del parámetro: Obtener datos acerca del estabilizante ayudará a diseñar el tipo de arquitectura que se presenta. Utilizar un tipo de estabilizante u otro, la existencia de materia orgánica y contenido de sulfatos del terreno permitirá adaptar distintas soluciones constructivas.</p>														
<p>Consideraciones técnicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué nos interesa saber sobre los estabilizantes? <ul style="list-style-type: none"> • Estabilizantes. Sus objetivos: obtener mejores resultados de las características mecánicas, aumentar la resistencia a compresión en seco y húmedo, reducir la porosidad y las variaciones de volumen, mejorar la resistencia a la erosión, viento y lluvia (Houben, 1995). • Conocer las carencias de la tierra utilizada y proponer qué tipo de estabilizantes se prevé utilizar en función de las necesidades o si no son necesarios. • El fabricante debe declarar el/los aditivos o estabilizante/s usado/s. En el caso de utilizar cemento, cal o yeso, el contenido total de estos debe ser menor o igual al 15% de la masa en seco del BTC (UNE 41410:2008). • Para decidirse por un método correcto de estabilización, se recomienda reunir suficiente información sobre los estabilizantes disponibles mediante una serie de criterios: <ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidad regional: se preferirán los productos cercanos. • Minimización del impacto ambiental, realizándolo a partir del análisis del ciclo de vida del estabilizante: consumo mínimo de energía, agua y recursos renovables; emisión mínima de sustancias tóxicas al entorno desde su extracción, fabricación, transporte, aplicación y vida útil. • Cantidad de materia orgánica sobre la tierra utilizada (<2%) y sales solubles en contenido <2%. 														
<p>Niveles:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Color</th> <th>Nivel</th> <th>Explicación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: #800000; color: white;">Bajo</td> <td>1</td> <td>Producción externa, el fabricante no declara aspectos sobre el estabilizante utilizado ni acerca de las características de la tierra utilizada.</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #ffff00;">Medio</td> <td>2</td> <td>Producción externa, el fabricante declara sobre las características del estabilizante utilizado sin su certificación. Comenta acerca de algunas características de la tierra utilizada. En la producción in situ, será posible obtener información sobre el estabilizante utilizado y sobre los componentes de la tierra utilizada pero sin certificación alguna.</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #808000;">Alto</td> <td>3</td> <td>Producción externa, el fabricante declara y certifica datos sobre el estabilizante utilizado y la tierra respecto a materia orgánica existente. En la producción in situ se utilizan estabilizantes, se trata de materiales que garantizan el mínimo impacto ambiental. No suponen procesos tecnológicos costosos ni mantenimiento y</td> </tr> </tbody> </table>			Color	Nivel	Explicación	Bajo	1	Producción externa , el fabricante no declara aspectos sobre el estabilizante utilizado ni acerca de las características de la tierra utilizada.	Medio	2	Producción externa , el fabricante declara sobre las características del estabilizante utilizado sin su certificación. Comenta acerca de algunas características de la tierra utilizada. En la producción in situ , será posible obtener información sobre el estabilizante utilizado y sobre los componentes de la tierra utilizada pero sin certificación alguna.	Alto	3	Producción externa , el fabricante declara y certifica datos sobre el estabilizante utilizado y la tierra respecto a materia orgánica existente. En la producción in situ se utilizan estabilizantes, se trata de materiales que garantizan el mínimo impacto ambiental. No suponen procesos tecnológicos costosos ni mantenimiento y
Color	Nivel	Explicación												
Bajo	1	Producción externa , el fabricante no declara aspectos sobre el estabilizante utilizado ni acerca de las características de la tierra utilizada.												
Medio	2	Producción externa , el fabricante declara sobre las características del estabilizante utilizado sin su certificación. Comenta acerca de algunas características de la tierra utilizada. En la producción in situ , será posible obtener información sobre el estabilizante utilizado y sobre los componentes de la tierra utilizada pero sin certificación alguna.												
Alto	3	Producción externa , el fabricante declara y certifica datos sobre el estabilizante utilizado y la tierra respecto a materia orgánica existente. En la producción in situ se utilizan estabilizantes, se trata de materiales que garantizan el mínimo impacto ambiental. No suponen procesos tecnológicos costosos ni mantenimiento y												

		además se conocen sus características, así como de la tierra utilizada. Se conocen las características de la tierra utilizada con respecto a la materia orgánica, en caso de existencia. No es necesario certificación de estabilizante ya que no ha sido utilizado o las características de la tierra no hacen necesario el uso de estabilizante.
Normativa: Página 22 - UNE 41410:2008 - (Aenor, 2008b)		
Referencias: (Guillaud et al., 1995; Houben, 1995; Roux Gutierrez & Olivares Santiago, 2002)		

C-CA-AQ-002 El Agua como constituyente

Concepto: Comportamiento del suelo al agua		Código: C-CA-AQ-002
Raíz: Aspecto productivos>Elaboración in situ> El agua como constituyente		
Descripción del parámetro: Conocer el tipo de agua que ha sido utilizada permitirá definir correctamente las posibilidades del uso del BT en el proyecto arquitectónico.		
Observaciones generales:		
<ul style="list-style-type: none"> • Los requisitos recomendables para las aguas utilizadas, salvo justificación especial de que no alteran perjudicialmente las propiedades exigibles al mortero o al bloque, son los siguientes: • pH ≥ 5, determinado según la Norma UNE 83952:2008. • Sulfatos, (SO₄²⁻) ≤ 1 g/l (1 000 p.p.m), determinados según la Norma UNE 83953:2008. • Ión cloruro, (Cl⁻) ≤ 3 g/l (3 000 p.p.m), determinado según la Norma UNE 7178:1960 (sólo para fábrica de BTC armada con acero). • Hidratos de carbono = 0, determinados según la Norma UNE 7132:1958. • Sustancias orgánicas solubles en éter ≤ 15 g/l (15 000 p.p.m). 		
Niveles:		
Color	Nivel	Explicación
Bajo	1	Ambos casos. No se cumple los requisitos establecidos por la UNE 41410:2008.
Medio	2	Ambos casos. No se cumplen los requisitos establecidos por la UNE 41410:2008, pero se garantiza que el agua es apta para el uso del BT debido a que se poseen ensayos previos o experiencias previas del uso de dicha tierra para la producción de bloques.
Alto	3	Ambos casos. Se cumplen todos los requisitos establecidos por la UNE 41410:2008.
Normativa:		
Página 22 - UNE 41410:2008 - (Aenor, 2008b)		
Referencias:		
(Galindez, n.d.; Minke, 2005; Rigassi & CRATerre-EAG, 1995; M. A. Rodríguez & Saroza, 2006)		

C-CA-AQ-003 Reacción al fuego

Concepto: Reacción al fuego

Código: C-CA-AQ-003

Raíz: Viabilidad constructiva > Aspectos químicos

Descripción del parámetro: Conocer la reacción al fuego del material y sus componentes permitirá definir correctamente las posibilidades del uso del BT con exigencias al fuego en el proyecto arquitectónico.

Consideraciones técnicas:

¿Qué nos interesa saber sobre la reacción al fuego del bloque?

- La tierra como material se considera prácticamente incombustible, no propaga el fuego.
- Para los bloques diseñados para ser utilizados en elementos con requisitos de resistencia al fuego, el fabricante debe declarar la clasificación de reacción al fuego de los bloques (Aenor, 2008b).

Niveles:

Color	Nivel	Explicación
Bajo	1	Producción externa , el fabricante no declara la clasificación al fuego de los bloques. En la producción in situ , no es posible declarar acerca de la reacción al fuego del bloque producido.
Medio	2	Producción externa , el fabricante declara la clasificación al fuego de los bloques pero no indica las características. En la producción in situ , es posible declarar la reacción al fuego de manera aproximada por experiencias anteriores o ensayos llevados a cabo sin ser certificados.
Alto	3	Producción externa , el fabricante declara, certifica y aporta datos acerca de la clasificación al fuego de los bloques. En la producción in situ , es posible declarar y certificar la reacción al fuego de los bloques debido a la existencia de un laboratorio preparado para ello.

Normativa:

Página 15 - UNE 41410:2008 - (Aenor, 2008b)

Referencias:

(Buson et al., 2012; Guillaud et al., 1995)

C-CA-AG Aspectos geométricos**C-CA-AG-001 Dimensiones y tolerancias****Concepto:** Dimensiones y tolerancias**Código:** C-CA-AG-001**Raíz:** Calidad del producto>Aspectos físicos**Descripción del parámetro:** Tanto si el bloque se importa como si se realiza in situ, será necesario conocer las dimensiones.**Consideraciones técnicas:****¿Qué nos interesa saber sobre las dimensiones y tolerancias del bloque?**

- Deben declararse las dimensiones nominales del bloque en milímetros, especificando la longitud (soga), la anchura (tizón) y la altura (grueso). Con respecto a las tolerancias, el fabricante podrá declarar tolerancias menores para una o más dimensiones.
- Si el bloque es importado, que indique las dimensiones que tiene y las tolerancias se encuentran dentro de lo estipulado por la normativa.
- Si el bloque está realizado in situ, si se puede certificar sus dimensiones nominales.

Niveles:

Color	Nivel	Explicación
Bajo	1	Ambos casos. Las dimensiones obtenidas no son posibles de declararlas con antelación hasta su producción.
Medio	2	Producción externa , el fabricante declara pero no certifica las dimensiones nominales. En la producción in situ , el producto elaborado no puede ser certificado por ningún laboratorio ni entidad de control.
Alto	3	Producción externa , el fabricante declara y certifica las dimensiones nominales y se ajustan a los valores de referencia. En la producción in situ , es posible la certificación de las dimensiones nominales obtenidas.

Normativa:

UNE 41410:2008. La determinación de las dimensiones de los BTC se debe hacer de acuerdo con el procedimiento descrito en las Normas UNE-EN 772-16:2001.

Página 8 - UNE 41410:2008 - (Aenor, 2008b)

UNE-EN 772-16:2001/A1:2006 y UNE-EN 772-16:2001/A2:2006.

Referencias:

(Cid et al., 2011; Minke, 2006)

C-CA-AG-002 Aspecto

El aspecto está compuesto por 3 niveles: planeidad de la superficie, defectos y alveolos. El fabricante debe dar información sobre las posibilidades de que esto no ocurra y sea posible su certificación. El NET será decidido por el técnico proyectista en función de los tres elegidos a continuación.

C-CA-AG-002.1 Planeidad de la Superficie***Concepto:** Planeidad de la superficie**Código:** C-CA-AG-002.1**Raíz:** Viabilidad constructiva > Aspectos geométricos**Descripción del parámetro:** Conocer la planeidad permitirá definir correctamente las posibilidades del uso del BT en el proyecto arquitectónico.**Consideraciones técnicas:****¿Qué nos interesa saber sobre la planeidad de la superficie?**

- La desviación que tiene el plano de sus caras.
- Las caras del bloque deben ser planas. La determinación de la planeidad se hará de acuerdo con las Normas UNE-EN 772-20:2001/A1:2006.

Niveles:

Color	Nivel	Explicación
Bajo	1	Producción externa , el fabricante no declara o asegura acerca de la planeidad de la superficie. En caso de fabricación in situ , no se garantiza la planeidad de la superficie.
Medio	2	Producción externa , el fabricante declara acerca de la planeidad de la superficie pero no se encuentra dentro de los límites marcados por la normativa vigente. En caso de fabricación in situ , se garantiza la planeidad pero no será posible su certificación.
Alto	3	Producción externa , el fabricante declara y certifica sobre la planeidad de la superficie con cantos vivos, sin fisuras superficiales relevantes. En caso de fabricación in situ , se garantiza y es posible la certificación de la planeidad.

Normativa:

Página 8 - UNE 41410:2008 - (Aenor, 2008b)

Referencias:

(Peter Walker, 2001)

C-CA-AG-002.2 Defectos

Concepto: Defectos		Código: C-CA-AG-002
Raíz: Viabilidad constructiva > Aspectos geométricos		
Descripción del parámetro: Conocer los defectos permitirá definir correctamente las posibilidades del uso del BT en el proyecto arquitectónico.		
Consideraciones técnicas:		
¿Qué nos interesa saber sobre los defectos?		
<ul style="list-style-type: none"> •La capacidad que tiene el productor de no provocar desconchados y microfisuras. 		
Niveles:		
Color	Nivel	Explicación
Bajo	1	Producción externa , el fabricante no declara o asegura acerca de la ausencia de defectos. En caso de fabricación in situ , no se garantiza la ausencia de defectos.
Medio	2	Producción externa , el fabricante declara acerca de la ausencia de defectos pero no se encuentra dentro de los límites marcados por la normativa vigente. En caso de fabricación in situ , se garantiza la ausencia de defectos.
Alto	3	Producción externa , el fabricante declara y certifica sobre la ausencia de defectos. En caso de fabricación in situ , será posible certificar sobre la ausencia de defectos en el producto elaborado.
Normativa: Página 8 - UNE 41410:2008 - (Aenor, 2008b)		
Referencias: (Rigassi & CRATerre-EAG, 1995)		

C-CA-AG-002.3 Alveolos

Concepto: Alveolos

Código: C-CA-AG-002.3

Raíz: Viabilidad constructiva > Aspectos geométricos

Descripción del parámetro:

Consideraciones técnicas:

¿Qué nos interesa saber sobre los alveolos?

- El porcentaje de alveolos, si los hay, debe ser declarado. El volumen en porcentaje de los alveolos del bloque debe determinarse según las Normas UNE-EN 772-2:1999/A1:2005 y por cálculo. Los resultados deben corresponder con los valores declarados.

Niveles:

Color	Nivel	Explicación
Bajo	1	Ambos casos. No se declaran el porcentaje de alveolos ni será posible obtener un resultado adecuado.
Medio	2	Ambos casos. Se declara el porcentaje de alveolos pero no se certifica según la norma específica.
Alto	3	Ambos casos. Se declara y certifica el porcentaje de alveolos según la normativa específica.

Normativa:

Página 8 - UNE 41410:2008 - (Aenor, 2008b)

Referencias:

(CRATerre-EAG, 1998; Rigassi & CRATerre-EAG, 1995)

C-RC Requisitos constructivos

C-RC-S Seguridad

C-RC-S-001 Estructural

C-RC-S-001.1 Transmisión de las cargas

Concepto: Transmisión de las cargas

Código: C-RC-S-001.1

Raíz: Viabilidad constructiva>Requisitos constructivos> Seguridad >Estructural

Objetivo: Evaluar si las cargas pueden ser trasladadas de manera correcta y si la solución prevista se ajusta a las exigencias del material.

Consideraciones técnicas:

¿Qué nos interesa saber sobre la transmisión de las cargas?

- Los tres factores fundamentales serán la esbeltez, las cargas permanentes y las sobrecargas. En este apartado serán evaluadas las cargas. La esbeltez en el apartado C-RC-S-001.3.
- La propuesta de soluciones correctas para la transmisión de las cargas sin que se generen cargas excéntricas.

Niveles:

Color	Nivel	Explicación
Bajo	1	-Se crean cargas concentradas, excéntricas u otros motivos que harán que el muro trabaje por encima de sus capacidades resistentes.
Medio	2	-No se garantiza que las cargas que tenga que soportar el muro sean transmitidas de manera correcta sin excentricidades, pueden existir luces excesivas o que el espesor del muro no sea el adecuado para dichas cargas. -Las cargas son apoyadas directamente contra el muro.
Alto	3	-El cálculo previo de cargas estima que la edificación poseerá cargas moderadas y bien repartidas en la linealidad del muro junto a un correcto espesor del mismo. Las cargas no serán apoyadas directamente contra el muro, sino contra una viga que reparta el esfuerzo. -Se prevé un sistema estructural independiente a los muros y que acompañará a las fábricas de BT repartiendo las cargas. -No existen cargas excéntricas o el muro, únicamente, transmite sus cargas como peso propio .

Normativa:

AS2870

Referencias:

(Peter Walker, 2001); (Auroville Earth Institute, 2005); (Guillaud et al., 1995)

C-RC-S-001.2 Cimentación. Transmisión al terreno

Concepto: Transmisión de la carga al terreno**Código:** C-RC-ES-002**Raíz:** Viabilidad constructiva>Requisitos constructivos> Seguridad >Estructural**Objetivo:** Establecer la viabilidad del BT para su uso en la cimentación o la compatibilidad de la solución constructiva adoptada como cimentación del muro de bloque de tierra. Conocer cómo se realiza el apoyo del muro en la cimentación.**Consideraciones técnicas:****¿Qué nos interesa saber sobre la transmisión de la carga al terreno?**

- Cuándo será posible utilizar bloque de tierra como cimentación.
- Qué tipo de estructura está prevista: monolítica, con contrafuertes, estructura independiente al bloque o de arcos y el tipo de suelo. En base a esta elección podrá conocerse su viabilidad.
- Conocer a qué altura se realiza el apoyo.
- Si la cimentación es de otro material que no sea la continuidad del muro, el muro se encuentra apoyado correctamente sobre la cimentación del inmueble en una superficie plana.

Niveles:

Color	Nivel	Explicación
Bajo	1	-El terreno tiene una cohesión plástica, heterogénea, un drenaje medio y la humedad del terreno es alta o variable. Se trata de un bloque sin estabilizar y este será usado para la cimentación.
Medio	2	-Se prevé el uso de BT estabilizado para la cimentación , pero no se garantiza el correcto funcionamiento del mismo del sistema constructivo. -Se prevé otro tipo de material para la cimentación pero no se garantiza la correcta transmisión de la cargas del muro a la cimentación. El muro puede no estar apoyado sobre un elemento de cimentación.
Alto	3	-Se prevé otro tipo de material para la cimentación y el apoyo se realiza garantizando la correcta transmisión de las cargas (sin riesgo de vuelcos, empujes...) teniendo en cuenta que se refiere tanto a un muro de carga o como muro que solo soporta su peso propio. Se tendrá en cuenta que el muro esté apoyado sobre un elemento de cimentación. -El muro no posee contacto directo con la cimentación . Puede ocurrir que este esté apoyado en una solera u otro elemento independiente.

Normativa:

NZS 4297. NZS 4298, NZS 4299.

ASTM E2392-10

Referencias:

(Guillaud et al., 1995; Peter Walker, 2001)

C-RC-S-001.3 Capacidad portante

Concepto: Capacidad portante

Código: C-RC-ES-001.3

Raíz: Viabilidad constructiva>Requisitos constructivos> Seguridad >Estructural

Descripción del parámetro: Conocer si la esbeltez obtenida se encuentra dentro de las recomendadas.


Consideraciones técnicas:

¿Qué nos interesa saber sobre la capacidad estructural del elemento realizado con bloque de tierra?

- Recordemos que los tres factores fundamentales serán la esbeltez, las cargas permanentes y las sobrecargas.
- Esbeltez: cuanto más esbelta sea cualquier fábrica, mayor riesgo de inestabilidad estructural tendrá y por lo tanto puede dar lugar a lesiones como grietas, fisuras o pandeos.
- Cargas permanentes y sobrecargas: en el apartado C-RC-S-001.1 han sido evaluadas dichas cargas.
- Buena calidad del muro: calidad del BT, calidad del mortero, calidad del aparejo, compatibilidad entre el bloque, el mortero y el aparejo.

Niveles:

Color	Nivel	Explicación
Bajo	1	<p>-En cualquier caso. No se mantendrán las recomendaciones en esbeltez señaladas como adecuadas.</p> <p>-Elementos que disminuyen la capacidad portante del muro. No se tendrán en cuenta bloques especiales ni otros sistemas por los que discurren los recursos técnicos.</p>
Medio	2	<p>-Sin arriostamiento. La esbeltez oscila por encima de 1:8 a 1:10.</p> <p>-Con arriostamiento. El arriostamiento se realizará con una distancia mayor de 6 m siendo la esbeltez mayor de 1:10</p> <p>-Con mejoras en el mortero o aditivos. La esbeltez alcanza un valor de 1:20 y no se conocen con exactitud todas las características de los materiales.</p> <p>-Elementos que disminuyen la capacidad portante del muro. Se prevén elementos especiales y el estudio de los mismos para el transcurso de los recursos técnicos pero no se garantiza su correcto funcionamiento.</p>
Alto	3	<p>-Sin arriostamiento. La esbeltez oscila entre 1:8 a 1:10.</p> <p>-Con arriostamiento. Se podrá alcanzar mayores alturas en los muros si el arriostamiento se produce en una distancia menor de 6 m.</p> <p>-Con mejoras en el mortero o aditivos. La esbeltez puede alcanzar 1:20 y mediante el conocimiento de todas las características de los materiales utilizados.</p>

		-Elementos que disminuyen la capacidad portante del muro. Se prevén elementos especiales para el transcurso de los recursos técnicos o se situarán fuera del espesor del muro.
Normativa: (Ministerio de Fomento, 2007b)		
Referencias: (Bestraten Castells & Hormias Laperal, 2012; Guillaud et al., 1995; "NZS 4299 (1998): Engineering design not requiring specific design," 1998; Peter Walker, 2001)		

C-RC-S-001.4 Configuración espacial

Concepto: Configuración espacial		Código: C-RC-ES-001.4
Raíz: Viabilidad constructiva>Requisitos constructivos> Seguridad >Estructural		
Objetivo: Examinar la volumetría propuesta para determinar si se plantea una correcta configuración espacial.		
Consideraciones técnicas:		
¿Qué nos interesa saber sobre la volumetría?		
<ul style="list-style-type: none"> •Si la forma propuesta se ajusta a un correcto planteamiento de la configuración espacial. •En caso de muros, no son más de 6 metros sin arriostramiento (NZS 4299:1998). 		
Niveles:		
Color	Nivel	Explicación
Bajo	1	-Se trata de una volumetría irregular y asimétrica con muros aislados.
Medio	2	-Poca simetría y planta algo irregular pero con muros continuos, con o sin arriostramiento. -Planta regular con muros discontinuos pero arriostrados o fijados a otros elementos. -Se trata de una volumetría regular pero con elementos no continuos.
Alto	3	-Se trata de una volumetría regular con elementos continuos . -Se trata de una volumetría regular pero con elementos no continuos aunque atados por medio de otros sistemas. -La volumetría se basa en la propia configuración del muro.
Normativa: (Ministerio de Fomento, 2007b)		
Referencias: (Aenor, 2010; Auroville Earth Institute, 2005; Canivell, 2011; Kisan, Sangathan, & Nehru, 1993)		

C-RC-S-001.5 Configuración de los huecos

Concepto: Configuración de los huecos

Código: C-RC-ES-001.5

Raíz: Viabilidad constructiva>Requisitos constructivos> Seguridad >Estructural

Objetivo: Estudiar la estabilidad y configuración respecto a los huecos que podrán ser generados para el correcto funcionamiento del muro.

Consideraciones técnicas:

¿Qué nos interesa saber sobre la volumetría?

- Dimensiones aproximadas de los huecos. El conocimiento de algunas recomendaciones es necesario. A continuación se muestran directrices para muros menores de 3 m de altura (Peter Walker, 2001):
 - La longitud sumada de todos los huecos no sea mayor de 35% de la longitud total del muro ni mayor de 1,20 m en cada uno de ellos.
 - Distancias entre huecos. Nunca menor de 1 m. Varía en función del espesor del muro.
 - Distancia a las esquinas. Nunca menor de 750 mm.
 - Distancia a la zona superior del muro (>450 mm).
 - Además, las cargas estarán correctamente distribuidas mediante el uso de dintel y sobrepasarán 250 mm de cada extremo del hueco.
 - Hueco y el tipo de estructura: monolítico, con refuerzos, con estructuras independientes o con arcos.

Niveles:

Color	Nivel	Explicación
Bajo	1	-La disposición de los huecos no se corresponde con la tipología estructural adecuada (monolítico, con refuerzos, estructuras independientes o arcos). -Se prevén unos huecos que no se asimilan a las recomendaciones indicadas. -En el caso de arcos , se superará 1800 mm de ancho (NZS 4299:1998)
Medio	2	-No se prevé preservar alguna de las dimensiones marcadas pero se reflejarán refuerzos específicos para solventar las directrices de dimensiones. Se estudiará en este caso el refuerzo necesario. -Se prevé el uso de un sistema de sujeción de la zona superior del hueco sin una previsión de anclaje mínimo en sus extremos.
Alto	3	-Se preservarán las dimensiones marcadas como adecuadas para el correcto funcionamiento estructural de la edificación y su composición constructiva se corresponde con la tipología estructural. -Se prevé el uso de arco o dintel en la zona superior del hueco con una previsión de anclaje mínimo en sus extremos. -En el caso de arcos , no se superará 1800 mm de ancho.

Normativa:

("NZS 4297 (1998): Engineering design of earth buildings," 1998)

Referencias:

(Peter Walker, 2001) (Auroville Earth Institute, 2005; Guillaud et al., 1995)

C-RC-S-002 Seguridad en caso de incendios

Concepto: Seguridad en caso de incendios**Código:** C-AE-Q-002.2**Raíz:** Viabilidad constructiva> Requisitos constructivos> Seguridad> Incendios**Objetivo:** Evaluar la actividad que se desarrollará en el inmueble con el propósito de justificar los parámetros determinados en el proyecto en relación a la actividad generada en el mismo. Estimar los parámetros que afectan a la estabilidad del inmueble y su cumplimiento frente al fuego por medio de su correcta definición.**Consideraciones técnicas:****¿Qué nos interesa saber sobre el fuego?**

- El espesor de los muros. Si es menor de 200 mm la resistencia es de 90 min. Si es mayor de 200 mm la resistencia es de 120 min (Peter Walker, 2001).
- Densidad del bloque. El barro aunque contenga paja no es considerado combustible si la densidad no es menor de 1.700 kg/m³ (Minke, 2005).
- El tipo de revestimiento que posee el muro. En caso de protección frente al agua.

Niveles:

Color	Nivel	Explicación
Bajo	1	-El elemento constructivo posee poco espesor para ser considerado resistente al fuego. -Posee un alto contenido en fibra combustibles por encima del recomendado o estabilizantes combustibles. -Tiene una densidad menor de la recomendada. -El bloque posee más de un 1% de materia orgánica. -El elemento constructivo no posee revestimiento .
Medio	2	-El elemento constructivo tiene un espesor adecuado pero posee fibras combustibles, estabilizantes combustibles, una densidad menor de la recomendada o no posee revestimiento que proteja el bloque. -El elemento constructivo tiene un espesor adecuado pero no posee revestimiento .
Alto	3	-El elemento constructivo posee igual o más espesor del recomendado. -El bloque no posee materia orgánica . No posee fibras combustibles o posee menos de 1%. -Posee un revestimiento que resiste a la presión del agua.

Normativa:

DEBA, 1997; (Ministerio de Fomento, 2007b; "NZS 4297 (1998): Engineering design of earth buildings," 1998)

Referencias:

(Morton, 2008b; Peter Walker, 2001)

C-RC-S-003 Estado de las lesiones existentes

Concepto: Estado de las lesiones existentes**Código:** C-RC-S-003**Raíz:** Viabilidad constructiva> Requisitos constructivos> Estabilidad estructural

Objetivo: Considerar la situación actual de las lesiones y si se encuentran activas por medio de los ensayos necesarios con la intención de conocer si la intervención propuesta se ajusta a dicha situación. Este indicador será necesario en caso de ampliación o realización de un inmueble que va a formar parte de algo existente.

Consideraciones técnicas:

¿Qué nos interesa saber sobre las lesiones existentes?

- En el caso de fisuras o grietas. Estado de conservación de las fisuras o grietas. Se tendrá en cuenta la apertura de las grietas, su estado y su evolución (estabilizadas o vivas). Además de si son parciales o pasantes.
- En el caso de erosión. Grado de erosión o nivel de erosión natural para evaluar la pérdida de masa y en qué medida afectaría a la estabilidad estructural.

Niveles:

Color	Nivel	Explicación
Bajo	1	<p>-En caso de fisuras o grietas. Se trata de grietas que se encuentran vivas, incluso pasantes en el muro o aperturas entre 1 y 10 mm.</p> <p>-En caso de erosión. Se trata de una erosión que afecta a ambas caras del muro y a gran parte del espesor.</p> <p>-En el caso de otras lesiones. Las lesiones se encuentran activas y la intervención supone la modificación al completo del muro.</p>
Medio	2	<p>-Aunque la lesión no esté estabilizada, la intervención puede ser llevada a cabo mediante breves intervenciones localizadas.</p>
Alto	3	<p>-En caso de erosión. No existe apenas erosión o se trata de una breve erosión superficial que no afecta a la estabilidad del elemento.</p> <p>-En caso de fisuras o grietas. No existen fisuras y en caso de existir, se trata de fisuras en el revestimiento que pueden ser tratadas con la reestructuración del revestimiento.</p> <p>-En el caso de otras lesiones. Se prevé que las lesiones se encuentren estabilizadas y la intervención pueda ser llevada a cabo.</p>

Normativa:

(Ministerio de Fomento, 2007b)

Referencias:

(Canivell, 2011; Jaquin, 2012; Morton, 2008a)

C-RC-H Habitabilidad – Definición y protección de los espacios habitables**C-RC-H-001** Higiene, salud y protección del medio ambiente. Salubridad.**Concepto:** Higiene, salud y protección del medio ambiente. Salubridad. **Código:** C-AE-O-003.2**Raíz:** Viabilidad constructiva > Requisitos constructivos > Habitabilidad**Objetivo:** Analizar el uso del bloque de tierra mediante el conocimiento de sus características higroscópicas. Estudiar si la solución propuesta se ajusta a las indicaciones marcadas por el CTE para la definición de la fachada.**Consideraciones técnicas:****¿Qué nos interesa saber sobre el colapso del bloque?**

- En este indicador se medirá la capacidad que tiene el cerramiento para evitar que se perjudique las ventajas de la tierra como regulador de humedad: tipo de revestimiento, composición inadecuada del cerramiento, presencia de fibras que suponen la modificación de las propiedades y la correcta transpirabilidad del muro.
- Será importante conocer la higroscopidad del material debido a la capacidad de la tierra de absorber y expulsar vapor de agua.
- Protección frente a la saturación de la fábrica. Será necesario evitar la saturación del material, la cual se produce debido a la presencia de humedad y temperatura.
- Ubicación de las tuberías que circulan fluidos.

Niveles:

Color	Nivel	Explicación
Bajo	1	<p>-Todas las fábricas. Se trata de una fábrica sin revestir. El bloque cuenta con un alto porcentaje en fibras que son sensibles a la expansión, un alto contenido de arcillas expansivas o se desconoce el tipo de fibra.</p> <p>-Existe riesgo de saturación. Se prevé un revestimiento que no es permeable al vapor de agua y por tanto, no se prevé la correcta transpirabilidad del muro.</p> <p>-No es posible obtener información sobre el BT acerca de ensayos de salubridad por lo que este indicador podría ser considerado en este nivel.</p> <p>-Hasta la ejecución del inmueble no se tendrá en cuenta el discurrir de las instalaciones.</p> <p>-En caso de fachada, se conoce el grado de impermeabilidad de la fachada:</p> <p style="padding-left: 40px;">- Sin revestimiento exterior. No se garantiza el cumplimiento de las condiciones mínimas de la normativa.</p>
Medio	2	<p>-Muros interiores y hojas interiores de muros capuchinos sin revestimiento con posibilidad de acumulación de agua en el BT debido a falta de ventilación en las capas de cerramiento, posibilidad de ascensión del agua por falta de elevación con respecto a la cota inferior, entre otros, o no se asegura su correcto funcionamiento.</p> <p>-Se tendrán en cuenta el discurrir de las tuberías de fluidos pero</p>

		<p>no se utilizarán piezas especiales.</p> <p>-En caso de fachada, se conoce el grado de impermeabilidad de la fachada:</p> <p style="padding-left: 40px;">- Con revestimiento exterior. No se garantiza el cumplimiento de todas las condiciones mínimas de salubridad</p>
	3	<p>-Muros interiores y las hojas interiores de muros capuchinos con un revestimiento de una alta permeabilidad al vapor de agua.</p> <p>-El bloque no cuenta con ninguna fibra orgánica o arcillas expansivas.</p> <p>-En caso de fachada y uso del BT, se conoce el grado de impermeabilidad y se garantizan todas las condiciones mínimas en cuanto al cumplimiento de salubridad.</p> <p>-Se estudiará el discurrir de las tuberías con fluidos y se ubicarán de tal manera que en caso de rotura no afecten al muro o no posee tuberías con fluidos.</p>
<p>Normativa: CTE DB</p>		
<p>Referencias: (Cid Falceto, 2012; P. Gatani, 2000)</p>		

C-RC-H-002 Aislamiento acústico

Concepto: Aislamiento acústico		Código: C-RC-H-002
Raíz: Viabilidad constructiva > Requisitos constructivos > Habitabilidad		
Objetivo: Estimar el posible comportamiento acústico mediante la designación de especificaciones para el BT.		
Consideraciones técnicas:		
¿Qué nos interesa saber sobre el aislamiento acústico?		
<ul style="list-style-type: none"> • La capacidad que puede llegar a tener el sistema constructivo realizado con tierra en el rendimiento acústico. • Qué directrices hay que marcar para buscar el máximo rendimiento acústico: <ul style="list-style-type: none"> ○ La densidad repercute en las exigencias acústicas. Si un inmueble tiene exigencias acústicas, conocer la densidad será importante además de saber qué valor puede alcanzar (1200-2000Kg/m³). ○ Control de las juntas con otros materiales y garantizar la continuidad. ○ Espesor del muro acorde a la reducción acústica requerida. 		
Niveles:		
Color	Nivel	Explicación
Bajo	1	-No se prevé continuidad entre los distintos materiales, se desconoce el valor de la densidad del bloque. -En caso de recursos técnicos, no se prevé un sistema que garantice la continuidad de los elementos. -La densidad del BT no será posible obtenerla en el rango establecido. No será posible conocer su valor.
Medio	2	-Se prevé continuidad entre los distintos materiales pero no se garantizará el aislamiento acústico mediante la previsión de ensayos in situ.
Alto	3	-Se garantiza la continuidad entre los distintos materiales y se prevé la realización de ensayos in situ que lo certifiquen en caso de requerimientos acústicos. -La densidad del bloque se encuentra en el rango señalado y se estima un correcto funcionamiento con respecto a su capacidad acústica mediante la realización de ensayos que ayuden a certificar el correcto funcionamiento.
Normativa: UNE 41410		
Referencias: (Minke, 2005; Morton, 2008b)		

C-RC-H-003 Comportamiento térmico

Concepto: Definición y protección de los espacios habitables – Comportamiento térmico **Código:** C-RC-H-003

Raíz: Viabilidad constructiva > Requisitos constructivos > Habitabilidad

Objetivo: Estimar el posible cumplimiento térmico mediante la designación de especificaciones para el bloque de tierra.

Consideraciones técnicas:

¿Qué nos interesa saber sobre el aislamiento térmico con bloque?

- La fábrica de bloque tiene buena masa térmica, pero no buen aislamiento térmico. De hecho, no puede ser usado como aislamiento. Para ello es importante conocer su posición en el cerramiento y establecer un aislamiento térmico si éste es necesario,
- En este indicador se medirá su capacidad respecto a la posición del bloque en el cerramiento, la humedad que pueda ocasionarse en el BT (Morton, 2008b), los aditivos de los que se compongan y la densidad del bloque.
- Conocer la humedad relativa del lugar.
- Espesor del cerramiento en caso de exigencia térmica.

Niveles:

Color	Nivel	Explicación
Bajo	1	<p>-Composición del BT. No se prevé una mejora del bloque de tierra con aditivos para aumentar el comportamiento térmico.</p> <p>-Cuando el cerramiento está compuesto por varias capas. No se garantiza que el BT funcione como elemento masivo y no se complementará con aislamiento térmico en caso de que este sea necesario.</p> <p>-Cuando el cerramiento está compuesto por una capa. Si el BT forma la única capa del cerramiento, esta posee menos de 450 mm de espesor (K. Heathcote, 2011) y el inmueble está situado en un clima frío.</p> <p>-Con respecto a la humedad relativa. El bloque puede estar expuesto a un alto porcentaje de humedad relativa que aumenta la conductividad térmica.</p>
Medio	2	<p>- Composición del BT Se prevé una mejora del bloque de tierra con aditivos sin garantizar o medir su efectividad.</p> <p>-Cuando el cerramiento está compuesto por varias capas. El muro estará realizado con elementos masivos que permitirán la mejora del coeficiente de transmisión térmica, estará estratégicamente ubicado en la cara interna del cerramiento y no poseerá un aislamiento térmico en la cara exterior aun siendo este necesario. No se asegura la eliminación de puentes térmicos.</p> <p>-Cuando el cerramiento está compuesto por una capa. El espesor es menor de 450 mm (K. Heathcote, 2011), pero se encuentra en un clima templado.</p> <p>-Con respecto a la humedad relativa. El bloque estará expuesto a moderado porcentaje de humedad relativa del ambiente.</p>

Alto	3	<p>- Composición del BT. El bloque tiene aditivos que mejoran la capacidad de aislamiento térmico y éste ha sido comprobado.</p> <p>-Cuando el cerramiento está compuesto por varias capas. El muro estará realizado con elementos masivos que permitirán la mejora del coeficiente de transmisión térmica, estará estratégicamente ubicado en la cara interna del cerramiento y poseerá un aislamiento térmico (siendo este necesario) en la cara exterior que le permita utilizar su potencial de masa térmica y la regulación de la humedad.</p> <p>-Se tendrá en cuenta la colocación de elementos estratégicamente para evitar los puentes térmicos.</p> <p>-Si el BT forma la única capa del cerramiento, esta posee más de 450 mm de espesor en un clima templado (K. Heathcote, 2011).</p> <p>-Con respecto a la humedad relativa. El bloque estará expuesto a un bajo o nulo porcentaje de humedad relativa del ambiente por lo que modificará su capacidad térmica.</p>
<p>Normativa: UNE 41410:2008 Normas internacionales ISO 8990:1997 que trata sobre el procedimiento de la caja caliente calibrada. (Cavero & Jové, 2012.)</p>		
<p>Referencias: (K. A. Heathcote, 1995; Jové Sandoval & Cavero, 2013; Maldonado Ramos et al., 2002; Mansour et al., 2016; Minke, 2005; Morton, 2008b; Parra-Saldivar & Batty, 2006)</p>		

C-AE Acciones externas

C-AE-F Físicas

C-AE-F-001 Factores meteorológicos

C-AE-F-001.1 Lluvia

Concepto: Lluvia

Código: C-AE-F-001.1

Raíz: Viabilidad constructiva> Acciones externas>Acciones Físicas>Agentes meteorológicos

Objetivo: Valorar la acción de la lluvia mediante el conocimiento de su intensidad media, ángulo de impacto, existencia de elementos en el entorno y su prolongación para establecer la idoneidad del uso del bloque de tierra en la localización del proyecto.

Consideraciones técnicas para la valoración:

- Los elementos de protección efectiva que posee el proyecto arquitectónico entendiéndose que la longitud debe ser mayor que 30 cm (Houben & Guillaud, 2008).
- Localización del proyecto arquitectónico basado en la pluviometría mediante la definición de las zonas pluviométricas de promedios (CTE HS) en España
- Las fachadas con más carga pluviométrica.

Niveles:

Color	Nivel	Explicación
Bajo	1	-Los efectos de la lluvia sobre la intervención afectan de manera especial, debido a que los periodos de lluvia son prolongados en el tiempo o se trata de un inmueble situado en la zona pluviométrica de promedios tipo I o II sin protección efectiva . -Se acentúa si hay bloques sin revestimiento en la cara exterior situados en la fachada con más carga pluviométrica.
Medio	2	-Los efectos de la lluvia sobre la intervención afectan de manera especial, debido a que se puede estimar que los periodos de lluvia son prolongados en el tiempo o se trata de un inmueble situado en la zona pluviométrica de promedios tipo I o II con protección efectiva . -Los efectos de la lluvia sobre la intervención afectan de manera normal, debido a que los periodos de lluvia son prolongados en el tiempo o se trata de un inmueble situado en la zona pluviométrica de promedios tipo III o IV sin protección alguna . -Si hay bloques con revestimiento situados en la fachada con más carga pluviométrica.
Alto	3	-Los efectos de la lluvia sobre la intervención no afectan de manera significativa dado que se encuentra protegida convenientemente por elementos efectivos (cornisa - cobertura, zócalo...). Además se trata de zona pluviométrica de promedios

		tipo III, IV y V. -El elemento constructivo no se encuentra afectado por la lluvia debido a su posición.
Normativa: (Aenor, 2008b)(Ministerio de Fomento, 2009)		
Referencias: (Ogunye & Boussabaine, 2002a)(K. Heathcote, 2011)(Kerali, 2005)(Guettala et al., 2006)(Canivell, 2011) http://info.igme.es/visorweb/		

C-AE-F-001.2 Viento

Concepto: Viento**Código:** C-AE-F-001.2**Raíz:** Viabilidad constructiva> Acciones externas>Acciones Físicas>Agentes meteorológicos**Objetivo:** Definir el viento con sus parámetros de intensidad media y viento predominante para identificar su acción sobre los cerramientos.**Consideraciones técnicas:**

¿Qué nos interesa sobre el viento?

- Cuáles son los vientos predominantes que afectan sobre las fachadas de la edificación.
- La intensidad con la que actúa en la zona.
- Zona Eólica A-B-C según CTE.
- Altura prevista del edificio.

Niveles:

Color	Nivel	Explicación
Bajo	1	-La edificación se encuentra situada en zona eólica tipo C . -El bloque de tierra se encuentra expuesto en la cara exterior sin revestimiento, orientado en la fachada de vientos dominantes y siendo su zona eólica B.
Medio	2	-La edificación se encuentra situada en zona eólica tipo B . -El bloque se encuentra en el exterior sin revestimiento y se sitúa en las fachadas más expuestas a los vientos dominantes siendo su zona eólica A.
Alto	3	-La edificación se encuentra situada en zona eólica tipo A . -La edificación se encuentra situada en zona eólica B pero se ha estudiado convenientemente cuál es la fachada más afectada por el viento dominante siendo esta evitada y el bloque se encuentra revestido. -El bloque está integrado en una edificación o cerramiento, se encuentra protegido por elementos que impiden que el viento actúe sobre él o en el interior de la edificación.

Normativa:

CTE DB HS 1

("NZS 4297 (1998): Engineering design of earth buildings," 1998, "NZS 4298 (1998): Materials and workmanship for earth buildings," 1998, "NZS 4299 (1998): Engineering design not requiring specific design," 1998)

Referencias:

(Angulo-Ibáñez et al., 2012; K. Heathcote, 2011; Pacheco Torgal & Jalali, 2011; Peter Walker, 2001)

C-AE-F-001.3 Temperaturas

Concepto: Temperaturas		Código: C-AE-F-001.3
Raíz: Viabilidad constructiva> Acciones externas> Físicas>Factores meteorológicos		
Objetivo: Identificar los valores conocidos de la temperatura en el entorno para evaluar la posibilidad de heladas que afecten a la calidad del producto.		
Consideraciones técnicas:		
¿Qué nos interesa sobre la temperatura?		
<ul style="list-style-type: none"> •La posibilidad de ocurrir heladas, climas húmedos donde la temperatura puede oscilar por debajo de los 0°C (Morton, 2008b). •Cuanto mayor es la porosidad, mayor es la difusión de vapor y por lo tanto, mayor la resistencia a las heladas (Minke, 2005). 		
Niveles:		
Color	Nivel	Explicación
Bajo	1	-El bloque se encuentra en un clima húmedo y de temperaturas bajas que pueda producir heladas. Además, se sitúa en la cara exterior del muro y no posee revestimiento.
Medio	2	-El bloque se encuentra en clima húmedo (>70 %) y con bajas temperaturas pero se considerará el uso de un revestimiento que impida la congelación del agua. La obra contará con bloques que serán poco propensos a la congelación en su interior debido a la alta densidad del mismo pero se prevé que no esté revestido.
Alto	3	-La intervención contará con bloques que serán propensos a la congelación en su interior debido a la baja o media densidad del mismo pero se prevé revestimiento que aminore el efecto de la congelación.
Normativa: UNE 41410:2008		
Referencias: Morton, 2008		

C-AE-F-002 Morfología del terreno**C-AE-F-002.1 Terreno****Concepto:** Terreno**Código:** C-AE-Q-002.1**Raíz:** Viabilidad constructiva> Acciones externas>Acciones Físicas>Morfología del terreno**Objetivo:** Clasificar la pendiente del terreno con respecto al inmueble con la finalidad de conocer si ésta afecta de manera negativa sobre el inmueble.**Consideraciones técnicas:****¿Qué nos interesa saber sobre el perfil del terreno?**

- Su inclinación con respecto al inmueble sobre algún cerramiento.
- Separación con otros elementos.

Niveles:

Color	Nivel	Explicación
Bajo	1	-El terreno se encuentra en pendiente favoreciendo la inclinación hacia el cerramiento de la edificación. -La edificación se encuentra en el corte del terreno.
Medio	2	-La edificación se encuentra en un terreno en pendiente pero se ha creado una plataforma y dejando espacios autónomos de, al menos, 1 m en sus extremos.
Alto	3	-El terreno tiene una topografía plana en la zona de influencia del cerramiento. -El terreno no afecta al BT dado que está ubicado en una planta superior al mismo o en el interior del inmueble.

Normativa:

CTE DB Cimientos

Referencias:

(Guillaud et al., 1995; Report, 2012)

C-AE-F-003 Agentes naturales

C-AE-F-003.1 Sismo

Concepto: Zona sísmica**Código:** C-AE-F-003.1**Raíz:** Viabilidad constructiva> Acciones externas>Acciones Físicas> Agentes naturales**Objetivo:** Examinar si el sismo supongo un factor relevante en la intervención con el fin de adecuar el diseño del proyecto a dicha circunstancia.**Consideraciones técnicas:**

¿Qué nos interesa sobre el sismo?

- Si la intervención o la obra nueva se encuentran en zona sísmica.
- La altura del edificio.
- Tipo de terreno donde se sitúa el inmueble según la NCSE-02.

Niveles:

Color	Nivel	Explicación
Bajo	1	-La localización tiene una aceleración sísmica mayor de 0,20g y no se prevé sistema adaptado a sismo. Intensidad VIII y un terreno granular.
Medio	2	-La edificación se ve afectada por el riesgo sísmico debido a que la aceleración sísmica es mayor de 0,04g. No se prevé ningún recurso relativo al sismo. -Si la aceleración es mayor de 0.20 g, se hará uso de especificaciones correspondientes a sismo. Intensidad VII y un terreno granular de compactación media o roca fracturada. La estructura que se plantea no arriestra sus elementos, incluso hay muros sueltos o aislados.
Alto	3	-La edificación no se ve afectada por riesgo sísmico debido a que la aceleración sísmica es menor de 0.04g y la NCSE no es de aplicación. Intensidad V o VI y un terreno de roca compacta. -Se plantea una estructura basada en el arriostamiento y conexión de sus elementos.

Normativa:NCSE-02 - Norma de Construcción Sismorresistente: Parte general y edificación
NZS 4297, 4298, 4299**Referencias:**

(Angulo-Ibáñez et al., 2012; Guillaud et al., 1995; Kisan et al., 1993)

C-AE-M Mecánicas

C-AE-M-001 Agentes antrópicos

C-AE-M-001.1 Uso del espacio

Concepto: Uso del espacio

Código: C-AE-M-001.1

Raíz: Viabilidad constructiva> Acciones externas>Acciones mecánicas>Agentes antrropológicos

Objetivo: Evaluar el uso del entorno colindante al lugar de intervención a través de la clasificación de los posibles agentes que puedan suponer futuras lesiones de carácter físicas.

Consideraciones técnicas:

¿Qué nos interesa saber sobre las sobrecargas cercanas?

- Conocer si el uso del espacio colindante o interior supone una erosión de tipo mecánica del material debido al rozamiento y erosión. Incluso a las salpicaduras que puedan suceder en el interior. Así mismo se estima la intensidad de circulación.
- Vegetación colindante que pueda suponer una erosión o rotura sobre el cerramiento.

Niveles:

Color	Nivel	Explicación
Bajo	1	-La intervención se ve afectada por elementos cercanos tipo animales o un uso que puede suponer un desgaste del cerramiento. La intensidad de circulación puede ser considerada alta . -Se prevé el acercamiento de vegetación con un alto grado de raíces que puedan ocasionar lesiones sobre el inmueble.
Medio	2	-El terreno se ve afectado por sobrecargas cercanas pero se considera que no afectan de manera severa dado que es posible estimarse que existe un pequeño margen físico franqueable.
Alto	3	-El espacio colindante, así como la zona inferior a la cimentación no presentan sobrecargas cercanas ni el uso exterior posee elementos que supongan alteración sobre el cerramiento. La actividad prácticamente inexistente u ocasional.

Normativa:

CTE DB Seguridad Estructural - Cimientos

Referencias:

(CRATerre-ENSAG, International Center for Earthern Construction, 2008; Guillaud et al., 1995)

C-AE-Q Químicas

C-AE-Q-001 Organismos

C-AE-Q-001.1 Vegetación, animales y otros.

Concepto: Vegetación, animales y otros

Código: C-AE-Q-001.1

Raíz: Viabilidad constructiva> Acciones externas>Agentes químicos>Organismos

Descripción del parámetro: Examinar agentes colindantes como la vegetación, insectos, hongo, entre otros que puedan ocasionar lesiones de carácter químico sobre el material.

Consideraciones técnicas:

¿Qué nos interesa saber sobre las sobrecargas cercanas?

- Evaluar las posibles sobrecargas o la presencia de elementos que hagan disminuir la idoneidad del BT debido a las composiciones que suceden en el entorno debido a dichas sobrecargas. Conocer la posibilidad de un ataque químico debido a sustancias excretadas que atacan a ciertas partes sensibles de los muros. Así mismo se tendrá en cuenta la existencia de colonias permanentes de roedores o aves en el entorno.
- El elevado uso de fibras aumenta el riesgo de aparición de termitas.

Niveles:

Color	Nivel	Explicación
Bajo	1	<p>-La intervención se ve afectada por sobrecargas cercanas y defectos evidentes que influirán como por ejemplo, árboles cercanos con vegetación de hoja caduca que modifique el terreno.</p> <p>-Existen señales claras de colonias permanentes de insectos o roedores en el entorno.</p> <p>-No se prevé una solución basada en barreras anti-termitas en el apoyo de la cimentación y se utilizarán elevadas cantidades de fibras.</p>
Medio	2	<p>-Es evidente la existencia de vegetación que afecte al muro, pero es posible respetar una distancia óptima para que la vegetación no afecte de manera considerable.</p> <p>-Se prevé la colocación de soluciones que eviten el ataque de microorganismos pero no se garantiza su efectividad.</p> <p>-La orientación del cerramiento no garantiza la aparición de musgos o líquenes.</p>
Alto	3	<p>-La vegetación de árboles colindantes no suponen un riesgo al terreno debido a la distancia a la que se encuentran o por sus características de hoja perenne.</p> <p>-Se prevé una solución basada en la colocación de una barrera anti-termitas en el apoyo de la cimentación u otros elementos efectivos y se garantiza su efectividad.</p> <p>-No hay evidencias claras de existencia de organismos que afecten al muro.</p> <p>-La orientación del cerramiento garantiza que no haya microorganismos como musgos o líquenes.</p>

Normativa:

CTE DB Seguridad Estructural - Cimientos

Referencias:

CRATERRE 1995

Terra Incógnita

C-AE-Q-002 Agentes antrópicos**C-AE-Q-002.1 Ambiente****Concepto:** Ambiente**Código:** C-AE-Q-002.1**Raíz:** Viabilidad constructiva > Acciones externas > Químicas > Acciones antropológicas**Objetivo:** Categorizar elementos contaminantes y de ambiente en el entorno a través de su posible identificación para determinar el efecto que pueda generar lesiones en el bloque.**Consideraciones técnicas:****¿Qué nos interesa saber sobre la contaminación interior?**

- El tipo de ambiente que se crea en el interior del espacio a evaluar.
- El uso interior del espacio se crea un ambiente que puede ser considerado como contraproducente.
- Instalaciones de agua debido a la actividad humana que pueda dar lugar a instalaciones de agua empotradas en los muros con el consiguiente riesgo de rotura.

Niveles:

Color	Nivel	Explicación
Bajo	1	-Se prevén instalaciones que mediante su uso puedan generar lesiones sobre el muro de carácter hídrico o aéreo y no se garantice su estanqueidad.
Medio	2	-Se prevé la circulación de instalaciones a través del cerramiento que serán estudiadas y verificadas pero no se garantiza que no generen lesiones sobre el muro.
Alto	3	-Se prevé la circulación de instalaciones a través del cerramiento que serán estudiadas, verificadas y se garantiza que no se provoquen lesiones sobre el muro.

Normativa:**Referencias:**

(García Navarro et al., 2009; Monjo Carrió, 2007)

C-AE-Q-003 Agentes naturales del entorno y del terreno

C-AE-Q-003.1 Humedad del terreno

Concepto: Humedad del terreno - Nivel freático

Código: C-AE-Q-003.1

Raíz: Viabilidad constructiva> Acciones externas> Químicas> Agentes naturales del entorno y del terreno

Objetivo: Determinar si el terreno posee una humedad crítica mediante el conocimiento de la altura del nivel freático para evaluar su influencia sobre la cimentación y el muro.

Consideraciones técnicas:

¿Qué nos interesa saber sobre el nivel freático?

- La altura a la que se encuentra el comienzo del muro.
- Si el terreno permite un correcto drenaje y no crea una acumulación sobre la cimentación. Cuándo es necesario el drenaje junto a la cimentación (VER CTE DB HS).
- El uso de elementos protectores del muro para evitar la ascensión capilar: acerao perimetral, drenaje perimetral para la evacuación del agua (Walker 2002), barrera anti capilaridad...

Niveles:

Color	Nivel	Explicación
Bajo	1	-El nivel freático se encuentra en cotas elevadas y no se realice un drenaje adecuado (ver CTE HS) en el terreno por lo que es posible obtener una acumulación prolongada del muro debido a una composición del terreno cohesiva. -La altura del nivel freático no es alta pero la ascensión del agua por el muro debido a otras causas es posible. Además, no se tiene en cuenta ningún sistema de protección en la zona baja del muro.
Medio	2	-El nivel freático se encuentra en cotas elevadas pero se realice un drenaje adecuado en el terreno o soluciones óptimas. -Se van a mantener las alturas recomendadas del uso del bloque en el cerramiento para evitar la ascensión de la humedad. -Se ejecutarán elementos que eviten la ascensión capilar como drenajes exteriores al muro o barreras impermeabilizantes correctamente diseñadas y en mantenimiento. -También puede ser considerado este nivel si se realiza únicamente una acumulación temporal (suelos cohesivos de tipo arcilloso o limoso).
Alto	3	-La altura del nivel freático es baja o no afecta al bloque de tierra con respecto a su posición o se evitan las acumulaciones de agua cercanas a la edificación. -Se optará por este nivel si además, se mantendrán las alturas recomendadas (mayor de 75 mm como mínimo) para el uso del bloque en el cerramiento y se ejecutarán barreras para la

		ascensión capilar correctamente diseñados y en mantenimiento. -No hay acumulación. Terreno es permeable y de composición dominante en arenas y gravas que posee un buen drenaje.
Normativa: CTE DB SE-C		
Referencias: Craterre 1995. Walker 2002 http://www.ideo.es/ http://info.igme.es/visorweb/ http://www.ideandalucia.es/catalogo/inspire/apps/buscador/ http://www.ideandalucia.es/portal/datos-y-servicios/catalogo-de-servicios#http://www.ideandalucia.es/catalogo/inspire/apps/buscador/formulario/?		

C-AE-Q-003.2 Humedad del ambiente

Concepto: Humedad del ambiente

Código: C-AE-Q-003.2

Raíz: Viabilidad constructiva> Acciones externas> Químicas> Agentes naturales del entorno y del terreno

Objetivo: Analizar si el ambiente del entorno se encuentra afectado por un porcentaje elevado de humedad que afecte de manera significativa al sistema constructivo.

Consideraciones técnicas:

¿Qué nos interesa saber sobre la humedad del ambiente?

- El grado de humedad exterior que se crea en el entorno de influencia del bloque para poder evaluar la viabilidad del tipo de bloque utilizado y el revestimiento asignado o los elementos de protección efectiva. El mapa de la humedad relativa.

Niveles:

Color	Nivel	Explicación
Bajo	1	-Estará expuesto a un grado alto de humedad relativa del ambiente y no se preverá un sistema de protección sobre el bloque (estabilización, revestimiento, entre otros).
Medio	2	-El bloque será utilizado en un ambiente donde se prevé una humedad relativa considerable como espacios húmedos (aseos, por ejemplo). Se prevé una protección sobre el bloque pero no se garantiza su efectividad.
Alto	3	-El uso del bloque de tierra se crea en una zona donde no hay un grado de humedad relevante en el ambiente debido al uso del espacio. -Se propondrán elementos de protección efectiva en las estancias como una ventilación adecuada que garantice que no se genere un alto grado de humedad en el cerramiento.

Normativa:

CTE DB

UNE EN 772-11 (AENOR 2011b)

Referencias:

Cid Falceto 2012

C-AE-Q-003.3 Radiación solar

Concepto: Radiación solar		Código: C-AE-Q-003.3
Raíz: Viabilidad constructiva> Acciones externas> Químicas> Agentes naturales del entorno y del terreno		
Objetivo: ¿Determinar si la protección sobre el BT tendrá un deterioro considerable debido a la radiación solar.		
Consideraciones técnicas:		
¿Qué nos interesa saber sobre las radiaciones ultravioletas?		
<ul style="list-style-type: none"> •Componentes que pueda llevar el muro. •Tratamientos hidrófugos. 		
Niveles:		
Color	Nivel	Explicación
Bajo	1	-Uso de elementos sintéticos en la definición del elemento constructivo.
Medio	2	-
Alto	3	-El elemento constructivo no ha sido definido con productos sintéticos que puedan degradarse.
Normativa: CTE DB HS		
Referencias: Craterre 1995.		

5.4. NIVELES DE EVALUACIÓN TÉCNICA PONDERADA (NETP) Y FACTORES DE PONDERACIÓN.

5.4.1. DEFINICIÓN

La norma ISO/TS 21929-1:2006 indica que *mientras no se dé respuesta a los temas relacionados con la ponderación de indicadores, esta norma reconoce que la ponderación puede aplicarse en la práctica, implícitamente a través de la elección de indicadores o explícitamente a través de la aplicación de factores de ponderación. Como la ponderación se relaciona con la selección subjetiva de valores, y como no hay métodos consensuados para la ponderación, esta norma recomienda presentar una documentación clara y transparente cuando se apliquen métodos de ponderación.*

No todos los indicadores poseen la misma importancia para los distintos ámbitos a tener en cuenta. De hecho, tampoco se deben sumar las valoraciones de cada indicador directamente porque el resultado sería poco representativo. Esto es debido a la distinta naturaleza de cada indicador planteada para los distintos ámbitos. En función del ámbito del elemento constructivo, algunos indicadores tendrán mayor peso específico, por lo que serán más decisivos para obtener el GI del uso del BT. El resto de indicadores tendrán una importancia menor formando parte del conjunto.

La ponderación es el proceso de conversión de los resultados de los indicadores de las diferentes categorías utilizando factores numéricos basados en valoraciones subjetivas (Aenor, 2001). Se trata de un elemento opcional que ajusta los resultados de los indicadores mediante factores seleccionados.

En base a los criterios expuestos, los rangos del NET (de 1 a 3) se ponderan en función de la relación entre los indicadores propuestos y los ámbitos definidos del muro. Es así como los NET disminuirán o mantendrán su valor para proporcionar una evaluación donde todos los parámetros posean un peso proporcional y repartido. De esta forma se obtendrán los **NETP**.

5.4.2. ENCUESTA A EXPERTOS Y CRITERIOS DE ELECCIÓN

Para conseguir lo expuesto con anterioridad, se ha procedido a la elección de expertos en el BT. Estas personas han sido quienes, mediante su conocimiento y experiencia, han valorado y jerarquizado la vinculación entre los indicadores y los distintos ámbitos.

Los expertos seleccionados han sido los siguientes:

-Daniel Maskell (Inglaterra). Ingeniero Doctor. Desde la finalización de su doctorado especializado en el BTE, forma parte del Departamento de Arquitectura e Ingeniería Civil de la Universidad de Bath (Inglaterra). Sus investigaciones están ligadas al uso de materiales para mejorar la calidad del ambiente interior. Ha sido galardonado en el año 2016 por el Centro de Materiales de construcción innovadores (BRE).

-Guillermo Rolón (Argentina). Doctor Arquitecto. Forma parte del Centro Regional de Investigación de arquitectura de tierra cruda y Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de Tucumán (Argentina). Especializado en la arquitectura y construcción con tierra y tecnología accesibles para el Hábitat popular.

-Miguel Rocha (Portugal-España). Arquitecto. Miembro de varias asociaciones especializadas en Tierra y socio fundador del Centro para el Estudio de la Arquitectura y Construcción con Tierra (CEDACTerra). Ha colaborado en obras realizadas con tierra y desarrollado cursos teórico-prácticos de construcción en tierra.

-Rubén Salvador Roux Gutiérrez (México). Doctor Arquitecto. Catedrático y director de la Jefatura de Investigación de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT). Autor de varios libros dedicados a la construcción con tierra.

Para la obtención de sus criterios se les envió un documento donde pudieron analizar la relación entre los indicadores y los ámbitos, con lo que establecieron una relación jerarquizada entre los distintos ámbitos y cada uno de los indicadores. Para ello, el experto indicaba si existía una relación estrecha entre el indicador y el

ámbito del elemento constructivo. Dicha elección se restringió a tres criterios: **Leve, Moderado o Decisivo**.

A continuación se muestra una de las tablas de los resultados de las opiniones de los expertos (tabla 33). En particular, en la figura requisitos constructivos.

Tabla 33. Resultados de los expertos para la relación entre los ámbitos del muro y los indicadores del bloque de estudio de los requisitos constructivos. Fuente: Elaboración propia.

Ámbito											
O-01 Ejecución de muros											
O-01A	O-01B	O-01C	O-01C-01	O-01C-02	O-01C-03	O-01D	O-01D-01	O-01D-02	O-01E	O-01F	
Cimentación	Base del muro	Huecos en el muro	Dintel	Jambas	Alféizar	Acabados	Interior	Exterior	Instalación de recursos técnicos	Coronación del muro	
C-RC Requisitos constructivos											
C-RC-S-001.1 Transmisión de las cargas	Decisivo	Decisivo		Moderado	Leve	Leve		Leve	Leve	Decisivo	Moderado
C-RC-S-001.2 Transmisión al terreno	Decisivo	Leve		Moderado	Leve	Leve		Leve	Leve	Decisivo	Moderado
C-RC-S-001.3 Capacidad portante	Decisivo	Decisivo		Decisivo	Leve	Leve		Leve	Leve	Moderado	Decisivo
C-RC-S-001.4 Configuración espacial	Leve	Moderado		Moderado	Moderado	Moderado		Moderado	Decisivo	Leve	Moderado
C-RC-S-001.5 Huecos	Leve	Leve		Decisivo	Decisivo	Decisivo		Leve	Moderado	Moderado	Leve
C-RC-S-002.1 C-RC-S-002.1 Seguridad en caso de incendios	Leve	Moderado		Moderado	Leve	Leve		Decisivo	Leve	Moderado	Moderado
C-RC-S-003.1 C-RC-S-003.1 Estabilización de las lesiones existentes	Moderado	Moderado		Leve	Leve	Leve		Moderado	Leve	Moderado	Moderado
C-RC-H-001.1 Higiene, salud y protección del medio ambiente. Salubridad. Salubridad.	Leve	Moderado		Leve	Leve	Leve		Moderado	Leve	Leve	Leve
C-RC-H-001.2 Aislamiento acústico	Leve	Moderado		Leve	Leve	Leve		Moderado	Moderado	Moderado	Moderado
C-RC-H-001.3 Comportamiento térmico	Leve	Moderado		Leve	Leve	Moderado		Moderado	Moderado	Moderado	Moderado

5.4.3. NIVEL DE EVALUACIÓN TÉCNICA PONDERADO (NETP)

Con la valoración del apartado anterior, se realiza un reparto de la importancia de los distintos indicadores para cada ámbito basado en porcentajes (tabla 34).

Los porcentajes servirán para establecer y ponderar los NET obtenidos y así determinar los **Grados de idoneidad (GI)** con un adecuado peso para cada indicador interviniente.

Dichos porcentajes serán entendidos como los **coeficientes de ponderación**. Estos sumarán un 100% por cada bloque de estudio y ámbito. En términos matemáticos, se procederá a una **suma ponderada** en la que cada indicador aportará su valor corregido según el grado de idoneidad asignado.

Estos son los resultados obtenidos para los **requisitos constructivos**:

Tabla 34. Coeficientes de ponderación para el bloque de los requisitos constructivos. Fuente: Elaboración propia.

	Ámbito										
	O-01 Ejecución de muros										
	O-01A	O-01B	O-01C	O-01C-01	O-01C-02	O-01C-03	O-01D	O-01D-01	O-01D-02	O-01E	O-01F
	Cimentación	Base del muro	Huecos en el muro	Dintel	Jambas	Alféizar	Acabados	Interior	Exterior	Instalación de recursos	Coronación del muro
C-RC Requisitos constructivos											
C-RC-S-001.1 Transmisión de las cargas	17,65	15,00		11,11	7,69	7,14		5,88	6,67	15,00	10,53
C-RC-S-001.2 Transmisión al terreno	17,65	5,00		11,11	7,69	7,14		5,88	6,67	15,00	10,53
C-RC-S-001.3 Capacidad portante	17,65	15,00		16,67	7,69	7,14		5,88	6,67	10,00	15,79
C-RC-S-001.4 Configuración espacial	5,88	10,00		11,11	15,38	14,29		11,76	20,00	5,00	10,53
C-RC-S-001.5 Huecos	5,88	5,00		16,67	23,08	21,43		5,88	13,33	10,00	5,26
C-RC-S-002.1 Seguridad en caso de incendios	5,88	10,00		11,11	7,69	7,14		17,65	6,67	10,00	10,53
C-RC-S-003.1 Estabilización de las lesiones existentes	11,76	10,00		5,56	7,69	7,14		11,76	6,67	10,00	10,53
C-RC-H-001.1 Higiene, salud y protección del medio ambiente. Salubridad	5,88	10,00		5,56	7,69	7,14		11,76	6,67	5,00	5,26
C-RC-H-001.2 Aislamiento acústico	5,88	10,00		5,56	7,69	7,14		11,76	13,33	10,00	10,53
C-RC-H-001.3 Comportamiento térmico	5,88	10,00		5,56	7,69	14,29		11,76	13,33	10,00	10,53
	100,00	100,00		100,00	100,00	100,00		100,00	100,00	100,00	100,00

En la tabla anterior, es posible discernir cómo los indicadores: *C-RC-S-001.1 Transmisión de las cargas*⁷², la *C-RC-S-001.2 Transmisión al terreno* y *C-RC-S-001.3 la Capacidad portante* afectan de manera singular a la Cimentación, la Base del muro, la Instalación de los recursos técnicos y la Coronación. Es por ello que será clave en el diseño de la cimentación cómo se defina la conexión entre la cimentación y el muro, por dónde discurran las instalaciones y el número de veces que atraviesen el muro, la ejecución de rozas que debiliten el muro y el apoyo que se produzca en la coronación. Por otro lado, el indicador *C-RC-S-001.5 Configuración de los huecos* evaluada mediante la disposición y las dimensiones de los huecos afectará al dintel, las jambas y el alféizar. En el caso de *C-RC-S-002.1 Seguridad en caso de incendios*, el indicador describe el espesor, densidad y si posee revestimiento o no la fábrica. En los Acabados interiores tiene mucha relevancia la *Seguridad en caso de incendios*. Esto es debido a que la falta de revestimiento produce que el BT sea vulnerable al agua de extinción de un fuego. Por último, señalar la *C-RC-S-001.24 Configuración espacial* en el Acabado exterior. La disposición irregular del inmueble le afectará debido a los cambios de altura o forma que puedan formar fisuración en los encuentros.

⁷² En adelante, los indicadores serán mostrados en cursiva y junto a su código y los ámbitos del muro serán subrayados.

En las **acciones externas**, los coeficientes de ponderación que jerarquizan cada indicador para los distintos ámbitos obtenidos por medio de las valoraciones se los expertos se muestran en la tabla 35:

Tabla 35. Porcentajes. Coeficientes de ponderación de las acciones externas. Fuente: Elaboración propia.

	Ámbito										
	O-01 Ejecución de muros										
	O-01A	O-01B	O-01C	O-01C-01	O-01C-02	O-01C-03	O-01D	O-01D-01	O-01D-02	O-01E	O-01F
	Cimentación	Base del muro	Huecos en el muro	Dintel	Jambas	Alféizar	Acabados	Interior	Exterior	Instalación de recursos	Coronación del muro
C- AE Agentes externos											
C-AE-F-001.1 Lluvia	9,52	14,29		7,69	20,00	20,00		6,67	15,79	7,69	13,33
C-AE-F-001.2 Viento	4,76	9,52		7,69	6,67	6,67		6,67	15,79	7,69	6,67
C-AE-F-001.3 Temperatura	4,76	4,76		7,69	6,67	6,67		6,67	5,26	7,69	6,67
C-AE-F-002.1 Terreno	14,29	9,52		7,69	6,67	6,67		6,67	5,26	7,69	6,67
C-AE-F-003.1 Sismo	14,29	9,52		15,38	13,33	13,33		13,33	10,53	15,38	13,33
C-AE-M-001 Uso del espacio	9,52	9,52		7,69	6,67	6,67		13,33	10,53	7,69	6,67
C-AE-Q-001.1 Vegetación, animales y otros.	9,52	9,52		7,69	6,67	6,67		6,67	5,26	7,69	6,67
C-AE-Q-002.1 Ambiente	9,52	9,52		7,69	6,67	6,67		13,33	10,53	7,69	6,67
C-AE-Q-003.1 Humedad del terreno	14,29	9,52		7,69	6,67	6,67		6,67	5,26	15,38	6,67
C-AE-Q-003.2 Humedad del ambiente	4,76	9,52		15,38	13,33	13,33		13,33	10,53	7,69	13,33
C-AE-Q-003.3 Radiación solar	4,76	4,76		7,69	6,67	6,67		6,67	5,26	7,69	13,33
	100,00	100,00		100,00	100,00	100,00		100,00	100,00	100,00	100,00

Puede observarse como los indicadores: *C-AE-F-001.1 Lluvia*, *C-AE-F-003.1 Sismo* y la *C-AE-Q-003.2 Humedad del Ambiente* se posicionan como indicadores con un gran peso de ponderación en los ámbitos. Por otro lado, el ámbito más afectado por un mayor número de indicadores es el Acabado interior, seguido de la Coronación del muro. Los coeficientes de ponderación jerarquizan los NET y los ponderan para obtener los NETP y por consiguiente, los GI.

En base a los resultados obtenidos de los expertos, se destaca cómo los Acabados interiores pueden verse afectados, en mayor medida, por los movimientos que se realicen mediante el sismo y el uso interior del inmueble, bien sea por el roce o por la humedad que haya. Así mismo, si las soluciones constructivas no son idóneas para el correcto discurrir del agua, será la Coronación del muro uno de los ámbitos de trabajo más perjudicados.

Como consecuencia del proceso seguido, a partir de la multiplicación del porcentaje de ponderación y del NET se obtendrá el **Nivel de evaluación técnica ponderado (NETP)**.

Mediante la suma de todos los NETP, se obtiene una **valoración individual** de los distintos indicadores para cada bloque de estudio. Así, será posible obtener un **GI** para cada ámbito del muro, estando su rango numérico comprendido entre 1 y 3.

En la Tabla 36 de la página siguiente, se desarrolla un caso de estudio desde la designación de los NET, la determinación de los NETP y la suma de los mismos, hasta alcanzar los GI.

En las primeras columnas, se muestran los indicadores agrupados por los bloques de estudio. A continuación, en cada indicador se ha determinado un NET en función de la valoración del técnico proyectista, este valor ha sido multiplicado por el coeficiente de ponderación correspondiente para cada ámbito e indicador. El NETP es el resultado de dicha multiplicación y son las celdas con tonalidades grises. Por cada bloque de estudio y ámbito se realiza un sumatorio de todos los NETP y será así como se alcancen los valores de los grados de idoneidad.

Finalmente **se obtendrá un GI por cada ámbito y para cada bloque de estudio** señalizado en verde.

Tabla 36. Desarrollo de los niveles en un caso de estudio SEV-002. Fuente: Elaboración propia.

Bloque de estudio	Subgrupo	Indicador	Valoración	Obra nueva										
				Cimentación	Base del muro	Huecos en el muro			Acabados		Instalación de recursos técnicos	Coronación del muro		
				Valoración final	Valoración final	Dintel	Jambas	Alfizar	Interior	Exterior	Valoración final	Valoración final		
C-CA Calidad del producto	C-CA-AF Aspectos Físicos	C-CA-AF-001 Densidad	1,00	0,00	0,07	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,08	0,11		
		C-CA-AF-002 Resistencia mecánica	1,00	0,00	0,07	0,13	0,04	0,05	0,05	0,05	0,12	0,11		
		C-CA-AF-003 Resistencia a ciclos de	1,00	0,00	0,07	0,04	0,09	0,09	0,09	0,10	0,04	0,05		
		C-CA-AF-004 Resistencia a la erosión	1,00	0,00	0,10	0,04	0,04	0,05	0,09	0,05	0,08	0,05		
		C-CA-AF-005 Absorción de agua por capilaridad	1,00	0,00	0,07	0,04	0,09	0,09	0,09	0,10	0,08	0,05		
		C-CA-AF-006 Resistencia a ciclos de	1,00	0,00	0,07	0,04	0,04	0,05	0,05	0,10	0,04	0,05		
		C-CA-AF-007 Propiedades térmicas del producto	1,00	0,00	0,07	0,09	0,09	0,09	0,05	0,05	0,04	0,05		
		C-CA-AF-008 Permeabilidad al vapor de agua	1,00	0,00	0,07	0,09	0,09	0,09	0,14	0,14	0,04	0,05		
		C-CA-AF-009 Adherencia	1,00	0,00	0,07	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,12	0,05		
	C-CA-AQ Aspectos Químicos	C-CA-AQ-001 Características de los	1,00	0,00	0,07	0,04	0,04	0,05	0,09	0,05	0,08	0,11		
		C-CA-AQ-002 El agua como constituyente	1,00	0,00	0,07	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,08	0,05		
		C-CA-AQ-003 Reacción al fuego	1,00	0,00	0,07	0,13	0,13	0,09	0,14	0,14	0,04	0,11		
	C-CA-AG Aspectos Geométricos	C-CA-AG-001 Dimensiones y tolerancias	2,00	0,00	0,14	0,26	0,26	0,27	0,09	0,10	0,16	0,21		
C-CA-AG-002 Aspecto		2,00	0,00	0,14	0,17	0,17	0,18	0,09	0,10	0,16	0,11			
			16,00	0,00	1,14	1,22	1,22	1,23	1,09	1,10	1,16	1,16		
C-RC Requisitos constructivos	C-RC-S Seguridad	C-RC-S-001 Estructural	C-RC-S-001.1 Transmisión de las cargas a la	3,00	0,00	0,45	0,33	0,23	0,20	0,18	0,20	0,45	0,32	
			C-RC-S-001.2 Transmisión al terreno	3,00	0,00	0,15	0,33	0,23	0,20	0,18	0,20	0,45	0,32	
			C-RC-S-001.3 Capacidad portante	3,00	0,00	0,45	0,50	0,23	0,20	0,18	0,20	0,30	0,47	
			C-RC-S-001.4 Configuración espacial	2,00	0,00	0,20	0,22	0,31	0,40	0,24	0,40	0,10	0,21	
			C-RC-S-001.5 Huecos	3,00	0,00	0,15	0,50	0,69	0,60	0,18	0,40	0,30	0,16	
	C-RC-S-002 Incendios	C-RC-S-002.1 Seguridad en caso de incendios	2,00	0,00	0,20	0,22	0,15	0,13	0,35	0,13	0,20	0,21		
		C-RC-S-003 Situación	Estado de las lesiones existentes	3,00	0,00	0,30	0,17	0,23	0,20	0,35	0,20	0,30	0,32	
	C-RC-H 001 Habitabilidad	C-RC-H-001.1 Higiene, salud y protección del medio ambiente. Salubridad	2,00	0,00	0,20	0,11	0,15	0,13	0,24	0,13	0,10	0,11		
		C-RC-H-001.2 Aislamiento acústico	2,00	0,00	0,20	0,11	0,15	0,13	0,24	0,27	0,20	0,21		
		C-RC-H-001.3 Comportamiento térmico	3,00	0,00	0,30	0,17	0,23	0,40	0,35	0,40	0,30	0,32		
			26,00	0,00	2,60	2,67	2,62	2,60	2,47	2,53	2,70	2,63		
C-AE Acciones externas	C-AE-F Acciones Físicas	C-AE-F-001 Meteorológica	C-AE-F-001.1 Lluvia	3,00	0,00	0,43	0,23	0,60	0,60	0,20	0,47	0,23	0,40	
			C-AE-F-001.2 Viento	3,00	0,00	0,29	0,23	0,20	0,20	0,20	0,47	0,23	0,20	
			C-AE-F-001.3 Temperatura	3,00	0,00	0,14	0,23	0,20	0,20	0,20	0,16	0,23	0,20	
	C-AE-F-002 Morfológicas	C-AE-F-002.1 Perfil del terreno	3,00	0,00	0,29	0,23	0,20	0,20	0,20	0,16	0,23	0,20		
		C-AE-F-003 Agentes	C-AE-F-003.1 Sismo	2,00	0,00	0,19	0,31	0,27	0,27	0,27	0,21	0,31	0,27	
	C-AE-M	C-AE-M-001 Agentes	C-AE-M-001 Uso del espacio	3,00	0,00	0,29	0,23	0,20	0,20	0,40	0,32	0,23	0,20	
	C-AE-Q Acciones Químicas	C-AE-Q-001 Organismos	C-AE-Q-001.1 Vegetación, animales y otros.	3,00	0,00	0,29	0,23	0,20	0,20	0,20	0,16	0,23	0,20	
			C-AE-Q-002 Agentes naturales	C-AE-Q-002.1 Ambiente	3,00	0,00	0,29	0,23	0,20	0,20	0,40	0,32	0,23	0,20
				C-AE-Q-003.1 Humedad del terreno	3,00	0,00	0,29	0,23	0,20	0,20	0,20	0,16	0,46	0,20
				C-AE-Q-003.2 Humedad del ambiente	3,00	0,00	0,29	0,46	0,40	0,40	0,40	0,32	0,23	0,40
C-AE-Q-003.3 Radiación solar	3,00	0,00	0,14	0,23	0,20	0,20	0,20	0,16	0,23	0,40				
			32,00	0,00	2,90	2,85	2,87	2,87	2,87	2,89	2,85	2,87		

5.5. PROPUESTA DE COMBINACIONES DE INDICADORES

Es posible que sucedan varias condiciones a la vez o indicadores que se muestren simultáneamente. Es decir, acciones que afecten de manera negativa sobre el elemento y que su simultaneidad potencie, aún más, sus efectos sobre el mismo.

Esta confluencia determinará la disminución del grado de idoneidad del producto en ciertas condiciones. Cuando se dan ciertas circunstancias adversas simultáneamente (meteorológicas, ambientales, entre otras) se producirán **las combinaciones de indicadores**, que aumentan la vulnerabilidad del elemento constructivo. Este hecho se refleja en la herramienta como la simultaneidad de indicadores y se penalizará si estos indicadores evaluados poseen un NET con un valor numérico de 1 o 2. En base a ello, si la combinación es de aplicación, se produce una disminución de los NETP en los indicadores (tabla 37).

Tabla 37. Relación entre las combinaciones de indicadores posibles y los ámbitos del elemento constructivo en los que se aplica. Elaboración propia.

Código de las combinaciones	Ámbitos del elemento constructivo										
	O-01a Cimentación	O-01B Base del muro	O-01C Huecos en el muro	Dintel	Jambas	Alféizar	O-01D – Acabados	Interior	Exterior	O-01E – Instalaciones	O-01F Coronación
Nº 01		x		x	x	x			x	x	x
Nº 02	x	x									
Nº 03	x	x		x	x	x		x	x		x
Nº 04				x	x						x
Nº 05				x	x	x		x	x		
Nº 06		x		x	x	x					x
Nº 07		x		x							x

Tal y como se observa en la tabla, se han determinado las siguientes combinaciones adversas de indicadores⁷³:

Combinación Nº01. Acción de la lluvia y el viento:

Indicadores: C-AE-F-001.1 Lluvia - C-AE-F-001.2 Viento.

⁷³ El alcance de esta investigación se ciñe a las combinaciones que se exponen a continuación. Éstas pueden ser mejoradas y ampliadas considerando otras circunstancias que puedan ser objeto de estudio.

Descripción: La principal causa de erosión sobre la superficie de los muros de tierra es la energía cinética asociada al agua-viento que impacta sobre el muro. Además, se debe tener en cuenta la intensidad de la lluvia, el ángulo de incidencia y la rugosidad de la pared. Heathcote indica que los puntos más débiles para esta unión de circunstancias es el área de las ventanas, acabados, base del muro y coronación del mismo (K. A. Heathcote, 1995; Ogunye & Boussabaine, 2002b; Peter Walker, 2001) Se incluyen las instalaciones debido a la utilización de posibles aperturas en el muro que puedan suponer una entrada de agua.

Combinación N°02. Lluvia – Morfología del terreno – Altura del nivel freático – Vegetación cercana:

Indicadores: C-AE-F-001.1 Lluvia - C-AE-F-002.1 Terreno - C-AE-Q-003.1 Humedad del terreno - C-AE-M-001 Uso del espacio.

Descripción: Otra de las lesiones habituales sobre la cimentación y la base del muro, es la ascensión del agua por capilaridad. Esta se produce por la acumulación del agua en la base debido a causas como la altura del nivel freático, la morfología del terreno sobre el cerramiento y el aumento de vegetación o tipo de terreno que evite el drenaje del agua cercana (Guillaud et al., 1995).

Combinación N°03. El uso de fibras, la presencia de materia orgánica y la acción de sobrecargas cercanas:

Entrada de datos: Tipo de BT y composición (Utilización de fibras y Materia orgánica o sales en el bloque o información sobre ello).

Indicadores: C-AE-Q-001.1 Organismos

Descripción: Cuando los bloques se encuentren sin estabilizar y posean un alto contenido en fibras junto con el riesgo de existencia de microorganismos, como por ejemplo, las termitas, existe un alto porcentaje de riesgo de lesiones en el BT (Peter Walker, 2001). Esta situación puede afectar a todos los ámbitos del muro.

Combinación N°04. La forma del terreno y del inmueble ante movimientos sísmicos:

Indicadores: C-AE-F-002.1 Terreno - C-RC-S-001.4 Configuración espacial - C-AE-F-003.1 Sismo.

Descripción: Aumenta el riesgo de colapso en una estructura si esta se encuentra en un terreno en pendiente y si su configuración espacial no sigue las pautas para un funcionamiento adecuado (Minke, 2001, 2006). Es posible la aparición de lesiones en algunas partes del muro como en la coronación y en las partes del hueco de carácter estructural como son el dintel y las jambas.

Combinación N°05. Fábrica poco protegida y un ambiente húmedo.

Indicadores: *C-RC-ES-001 Higiene, salud y protección del medio ambiente - C-AE-Q-003.2 Humedad del ambiente.*

Descripción: Es posible que la fábrica no posea las características necesarias para protegerse de la humedad. Así ante un ambiente húmedo, esta puede ser más vulnerable (Ministerio de Fomento, 2015). En este sentido los huecos serán una zona débil ante tal combinación, así como en los acabados.

Combinación N°06. Posibilidad de bajas temperaturas, ambiente húmedo, características no idóneas respecto a salubridad y la falta de información sobre la absorción y permeabilidad en el BT.

Indicadores: *C-AE-F-001.3 Temperaturas - C-AE-Q-003.2 Humedad del ambiente - C-RC-ES-001 Higiene, salud y protección del medio ambiente - C-CA-AF-005 Absorción de agua por capilaridad - C-CA-AF-008 Permeabilidad al vapor de agua.*

Descripción: Se trata de las situaciones con un alto riesgo para absorber el agua y que genere saturación en el bloque junto con un clima propenso a las bajas temperaturas y alta humedad del ambiente. Además, este hecho aumenta la vulnerabilidad si no se dispone de información sobre estos aspectos que puedan asegurarnos características del BT. La base del muro, los huecos y la coronación del muro pueden ser las partes más afectadas por dicha situación.

Combinación N°07. La forma en la que se transmitan las cargas, la configuración del inmueble y la disposición de los huecos.

Indicadores: *C-RC-S-001.1 Transmisión de las cargas - C-RC-S-001.4 Configuración espacial - C-RC-S-001.5 Huecos.*

Descripción: La configuración del inmueble será determinante si las cargas no han sido debidamente situadas y se transmiten adecuadamente. Si la configuración de los huecos no es la adecuada disminuye la capacidad portante del elemento constructivo y afectará a la coronación del muro y en menor medida, a la base.

En la tabla 38, se observa desde la definición del NET hasta la obtención de los grados de idoneidad para los 3 bloques de estudio y en el ámbito de la base del muro. Como puede observarse, la cuarta columna contiene los valores NET, la quinta, los valores NETP sin la aplicación de este proceso y las siguientes a excepción de la última, los valores NETP en las combinaciones.

En la tabla se muestran 7 combinaciones, aunque no todas son aplicables a todos los ámbitos, tal y como se mostró en la Tabla 37. De hecho, en el caso que se muestra a continuación, las combinaciones 4 y 5 no son de aplicación.

Así mismo, es posible observar y determinar en cada combinación qué indicadores disminuye su valor. El NETP resultante será el menor obtenido considerando todas las combinaciones y el supuesto sin combinación.

Tabla 38. Obtención del valor del NETP. Descripción de su disminución en función de las combinaciones. Fuente: Elaboración propia.

				Base del muro								
				0	1	2	3	4	5	6	7	Valoración final
				Sin combinación	Lluvia-Viento	Lluvia - Perfil del terreno - Nivel freático	Fibras-materia orgánica-sobrecargas cercanas	Perfil del terreno - Sismo	Humedad del ambiente - Habitabilidad	Temperatura - Absorción de agua por capilaridad - Permeabilidad al vapor de	Transmisión de las cargas - Capacidad portante - Huecos	
Bloque de estudio	Subgrupo	Indicador	Valoración	C-AE-F-001,1-	C-AE-F-001,1-	C-AE-Q-001,1-	C-AE-F-002,1	C-AE-Q-003,2,	C-AE-F-001,3	C-RC-S-001,1,		
C-CA Calidad del producto	C-CA-AF Aspectos Físicos	C-CA-AF-001 Densidad	1,00	0,07	0,07	0,07	0,07			0,07	0,07	0,07
		C-CA-AF-002 Resistencia mecánica	1,00	0,07	0,07	0,07	0,07			0,07	0,07	0,07
		C-CA-AF-003 Resistencia a ciclos de	1,00	0,07	0,07	0,07	0,07			0,07	0,07	0,07
		C-CA-AF-004 Resistencia a la erosión	1,00	0,10	0,10	0,10	0,10			0,10	0,10	0,10
		C-CA-AF-005 Absorción de agua por capilaridad	1,00	0,07	0,07	0,07	0,07			0,07	0,07	0,07
		C-CA-AF-006 Resistencia a ciclos de	1,00	0,07	0,07	0,07	0,07			0,07	0,07	0,07
		C-CA-AF-007 Propiedades térmicas del producto	1,00	0,07	0,07	0,07	0,07			0,07	0,07	0,07
		C-CA-AF-008 Permeabilidad al vapor de agua	1,00	0,07	0,07	0,07	0,07			0,07	0,07	0,07
	C-CA-AQ Aspectos Químicos	C-CA-AQ-001 Características de los	1,00	0,07	0,07	0,07	0,07			0,07	0,07	0,07
		C-CA-AQ-002 El agua como constituyente	1,00	0,07	0,07	0,07	0,07			0,07	0,07	0,07
		C-CA-AQ-003 Reacción al fuego	1,00	0,07	0,07	0,07	0,07			0,07	0,07	0,07
	C-CA-AG Aspectos Geométricos	C-CA-AG-001 Dimensiones y tolerancias	2,00	0,14	0,14	0,14	0,14			0,14	0,14	0,14
C-CA-AG-002 Aspecto		2,00	0,14	0,14	0,14	0,14			0,14	0,14	0,14	
			16,00	1,14	1,14	1,14	1,14		1,14	1,14	1,14	
C-RC Requisitos constructivos	C-RC-S Seguridad	C-RC-S-001 Estructural	C-RC-S-001.1 Transmisión de las cargas a la	3,00	0,45	0,45	0,45	0,45		0,45	0,45	0,45
			C-RC-S-001.2 Transmisión al terreno	3,00	0,15	0,15	0,15	0,15		0,15	0,15	0,15
			C-RC-S-001.3 Capacidad portante	3,00	0,45	0,45	0,45	0,45		0,45	0,45	0,45
			C-RC-S-001.4 Configuración espacial	2,00	0,20	0,20	0,20	0,20		0,20	0,20	0,20
			C-RC-S-001.5 Huecos	3,00	0,15	0,15	0,15	0,15		0,15	0,15	0,15
	C-RC-S-002 Incendios	C-RC-S-002.1 Seguridad en caso de incendios	2,00	0,20	0,20	0,20	0,20		0,20	0,20	0,20	0,20
		C-RC-S-003 Situación	Estado de las lesiones existentes	3,00	0,30	0,30	0,30	0,30		0,30	0,30	0,30
	C-RC-H 001 Habitabilidad	C-RC-H-001.1 Higiene, salud y protección del medio ambiente. Salubridad	2,00	0,20	0,20	0,20	0,20		0,20	0,20	0,20	0,20
		C-RC-H-001.2 Aislamiento acústico	2,00	0,20	0,20	0,20	0,20		0,20	0,20	0,20	0,20
		C-RC-H-001.3 Comportamiento térmico	3,00	0,30	0,30	0,30	0,30		0,30	0,30	0,30	0,30
			26,00	2,60	2,60	2,60	2,60		2,60	2,60	2,60	
C-AE Acciones externas	C-AE-F Acciones Físicas	C-AE-F-001 Meteorológica	C-AE-F-001.1 Lluvia	3,00	0,43	0,43	0,43	0,43		0,43	0,43	0,43
			C-AE-F-001.2 Viento	3,00	0,29	0,29	0,29	0,29		0,29	0,29	0,29
			C-AE-F-001.3 Temperatura	3,00	0,14	0,14	0,14	0,14		0,14	0,14	0,14
	C-AE-F-002 Morfológicas	C-AE-F-002.1 Perfil del terreno	3,00	0,29	0,29	0,29	0,29		0,29	0,29	0,29	
		C-AE-F-003 Agentes	C-AE-F-003.1 Sismo	2,00	0,19	0,19	0,19	0,19		0,19	0,19	0,19
	C-AE-M	C-AE-M-001 Agentes	C-AE-M-001 Uso del espacio	3,00	0,29	0,29	0,29	0,29		0,29	0,29	0,29
	C-AE-Q Acciones Químicas	C-AE-Q-001 Agentes naturales	C-AE-Q-001.1 Vegetación, animales y otros.	3,00	0,29	0,29	0,29	0,29		0,29	0,29	0,29
			C-AE-Q-002.1 Ambiente	3,00	0,29	0,29	0,29	0,29		0,29	0,29	0,29
			C-AE-Q-003.1 Humedad del terreno	3,00	0,29	0,29	0,29	0,29		0,29	0,29	0,29
			C-AE-Q-003.2 Humedad del ambiente	3,00	0,29	0,29	0,29	0,29		0,29	0,29	0,29
C-AE-Q-003.3 Radiación solar			3,00	0,14	0,14	0,14	0,14		0,14	0,14	0,14	
			32,00	2,90	2,90	2,90	2,90		2,90	2,90	2,90	

5.6. EVALUACIÓN DE LOS GRADOS DE IDONEIDAD.

El análisis de los grados de idoneidad se dividido en **dos fases consecutivas de evaluación**:

- **Primera Evaluación.**

Esta primera evaluación se basa en la media de los grados de idoneidad de cada ámbito del elemento constructivo.

En ella se determinará si dichas medias obtenidas superan los valores medios establecidos para los distintos bloques de estudio.

- **Segunda Evaluación.**

Cuando en fase anterior la media no es idónea, se procede a la realización de una segunda fase en la que se desarrolla un análisis detallado de los valores de los grados de idoneidad para cada ámbito y bloque de estudio, con el fin de encontrar debilidades y proponer soluciones.

En este apartado se describirán **cómo se muestran los resultados en cada evaluación, con qué son comparados. Por último, qué aportan para ayudar en la toma de decisiones.**

Para ello, en primer lugar, se expone un esquema general del proceso de evaluación. Este proceso se presenta en la figura 76. En ella es posible observar la secuencia de la herramienta desde la entrada de datos hasta la propuesta de toma de decisiones al finalizar la segunda evaluación.

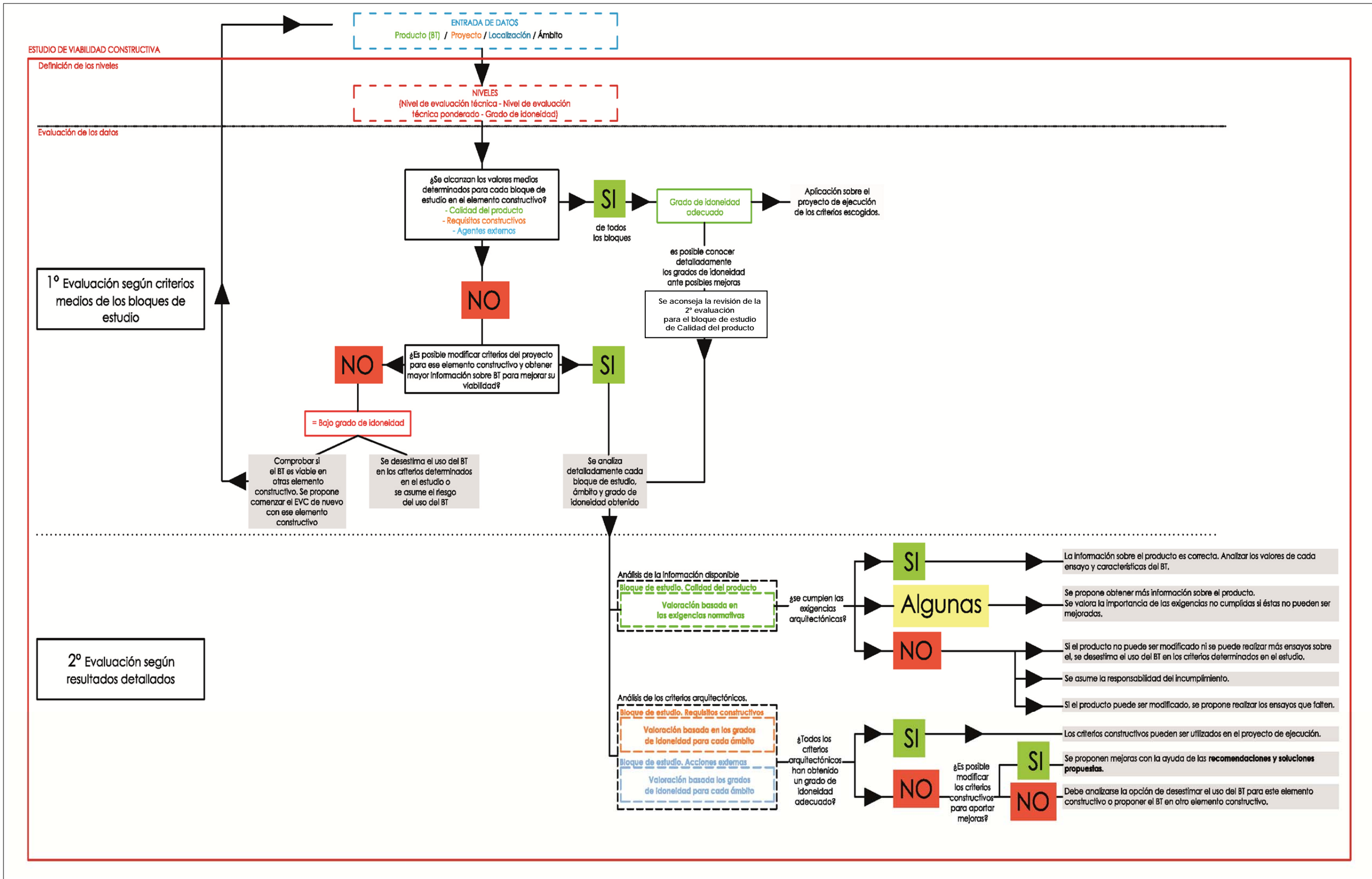


Figura 76. Desarrollo del proceso de evaluación de los grados de idoneidad. Fuente: Elaboración propia.

Primera Evaluación

Se valoran los resultados obtenidos en cada GI mediante **la media aritmética de cada ámbito del elemento constructivo**. En la figura 77 se muestran los valores de los grados de idoneidad para cada bloque de estudio en todos los ámbitos. En la misma tabla es posible observar cómo se muestran los ámbitos que no son de aplicación (en este caso la cimentación) mediante el sombreado gris.

ALM-001									
	Cimentación	Base del muro	Huecos en el muro - dintel	Huecos en el muro - jambas	Huecos en el muro - alféizar	Acabados-interior	Acabados-externo	Instalación de recursos	Coronación del muro
C-CA Calidad del producto	0,00	1,55	1,83	1,78	1,77	1,73	1,71	1,76	1,79
C-RC Requisitos constructivos	0,00	2,75	2,67	2,69	2,73	2,53	2,80	2,70	2,74
C- AE Acciones externas	0,00	2,60	2,31	2,40	2,20	2,00	2,63	2,46	2,53

Figura 77. Valores de los grados de idoneidad en un caso de estudio para todos los ámbitos analizados. Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, otra tabla muestra las medias obtenidas y si estas alcanzan los valores medios (Figura 78).

Código	C-CA Calidad del producto	C-RC Requisitos constructivos	C- AE Acciones externas
Andalucía			
ALM-001	1,74	2,70	2,39
ALM-002	1,74	2,16	2,20
GRA-001	1,95	2,73	2,52
MAL-001	1,14	2,23	1,66
SEV-001	1,74	3,00	2,38
SEV-002	1,00	2,58	2,53
SEV-003	1,00	2,38	2,44

Figura 78. Valores medios de los casos de estudio de Andalucía en base a los 3 bloques de estudio. Fuente: Elaboración propia.

Este nivel de análisis permite obtener los primeros resultados y ayuda a una primera decisión global⁷⁴.

⁷⁴ Ver esquema general del ECV.

Según el esquema general en la figura 76, la toma de decisiones en base a los resultados obtenidos en la primera evaluación se centra en la respuesta a la siguiente pregunta:

“¿Se consiguen los valores medios determinados para cada bloque de estudio en el elemento constructivo?”

Posibles respuestas:

- Si todos los resultados de las medias obtenidas obtienen los **valores medios mayores a un mínimo establecido**, el uso del BT podrá ser entendido con un grado de idoneidad adecuado preliminar y en un primer reconocimiento, la entrada de datos es coherente con un proyecto idóneo. No obstante, también será posible conocer detalladamente los grados de idoneidad en la segunda evaluación. Los valores medios mínimos se consiguen mediante la puesta en marcha del estudio en distintos modelos realizados con BT en España. Los valores medios son los siguientes⁷⁵:

Calidad del producto: 1,50

Requisitos constructivos: 2,30

Acciones externas: 2,50

- Si por el contrario, **no se consigue** alguno de los valores medios mínimos del GI para uno o más bloques, será necesario cuestionarse, en primer lugar, si es posible la *modificación de los criterios del proyecto u obtener más información acerca del producto*⁷⁶:
 - **Si es posible**, se analizará detalladamente cada ámbito del elemento y el grado de idoneidad obtenido en **la segunda evaluación**.
 - **Si no es posible**, se entenderá que existe un bajo grado de idoneidad y la decisión será desestimar el producto o establecer un nuevo estudio del uso del BT en un elemento constructivo diferente.

⁷⁵ Estos resultados se han obtenido con el desarrollo de la herramienta y el estudio de los casos que desarrollan soluciones adecuadas. Con un mayor número de casos de estudio será posible ajustar en mayor medida estos valores medios.

⁷⁶ Ver esquema general.

La clave para la continuidad de la evaluación se encuentra en la posibilidad de modificación de los criterios arquitectónicos e información del producto. En el caso de poder modificar los criterios marcados como datos de partida, se optará por continuar con **la 2ª evaluación** donde serán tenidos en cuenta cada uno de los resultados de los distintos indicadores para averiguar qué criterios deben ser mejorados.

Segunda Evaluación

En la **segunda evaluación** se profundiza en los grados de idoneidad de cada bloque de estudio y ámbito, con el fin de proponer mejoras. El análisis se realizará según dos aspectos:

- El primero de ellos **analiza la información que el técnico dispone sobre el producto** (bloque de Calidad del producto).
- El segundo aspecto concierne al análisis de los **criterios arquitectónicos determinados** como entrada de datos (bloques de Requisitos constructivos y Acciones externas).

1) Análisis de la información disponible. Primer bloque de estudio: Calidad del producto.

La evaluación de la información del producto disponible se basa en la comparación con las exigencias conforme a la UNE 41410:2008. Estas exigencias y ciertas características de la entrada de datos, ya desarrolladas anteriormente, deben ser tenidas en cuenta para el proyecto arquitectónico.

El funcionamiento de la herramienta en este apartado consiste en el cruce de los datos entre la designación de los NET del bloque de estudio de Calidad del producto⁷⁷, las exigencias del proyecto arquitectónico⁷⁸ y datos de partida. Con este objetivo se analiza la certificación del ensayo, designado en un indicador, y la exigencia relacionada con dicho ensayo. Si un proyecto tiene una exigencia y el ensayo no ha sido certificado, la exigencia no está solventada. Por lo tanto, la herramienta determina qué exigencias son cumplimentadas para cada indicador

⁷⁷ Los NET se definen en el apartado 5.4.3. Éstos designaban el tipo de información disponible sobre el proyecto: inexistencia de ensayos, declarado o certificado por un laboratorio homologado.

⁷⁸ ver **apartado 5.2 Entrada de datos** para la definición de las exigencias marcadas en la entrada de datos y las características necesarias para el cruce de datos.

del bloque de estudio. En la tabla siguiente se muestra la relación de indicadores y las exigencias vinculadas⁷⁹ (tabla 39):

Tabla 39. Indicadores de la calidad del producto y las exigencias del proyecto arquitectónico conforme a la UNE 41410:2008. Fuente: (Aenor, 2008b). Elaboración propia.

INDICADORES del bloque de estudio: Calidad del producto.	Exigencias de ensayos o características del elemento constructivo según UNE 41410:2008.
C-CA-AF-001 Densidad	Exigencias acústicas
C-CA-AF-002 Resistencia mecánica	Exigencias estructurales
C-CA-AF-003 Resistencia a ciclos de humectación/secado	Si el elemento está en exposición severa.
C-CA-AF-004 Resistencia a la erosión	Si el elemento está en exposición severa.
C-CA-AF-005 Absorción de agua por capilaridad	Si el elemento está en el exterior y cara vista.
C-CA-AF-006 Resistencia a ciclos de hielo/deshielo	Si está revestido no hace falta que se obtenga la resistencia a ciclos de hielo/deshielo.
C-CA-AF-007 Propiedades térmicas del producto	Exigencias térmicas
C-CA-AF-008 Permeabilidad al vapor de agua	Si el elemento está en un parámetro exterior
C-CA-AF-009 Adherencia	Requisitos estructurales
C-CA-AQ-001 Características de los constituyentes - Estabilizantes y la tierra utilizada	Presencia de microorganismos
C-CA-AQ-002 Agua	En caso de falta de datos, será necesario analizar el mortero
C-CA-AQ-003 Reacción al fuego	Requisitos de resistencia al fuego
C-CA-AG-001 Dimensiones y tolerancias	-
C-CA-AG-002 Aspecto	-

En base a ello, se argumenta la siguiente casuística:

- **Que se cumplan todas las exigencias.** Se considera que la información disponible es adecuada para poder cumplimentar las exigencias. No obstante, será necesario analizar los datos obtenidos en los diferentes ensayos de la certificación para determinar que los resultados son conformes a la normativa vigente.
- Si **no se cumple** alguna de las exigencias establecidas para el uso al que va destinado el inmueble. Se propone la **obtención de más infor-**

⁷⁹ La relación entre los ensayos (analizados en los indicadores) y las exigencias se muestra en el apartado 4.1.2.

mación sobre el producto mediante las siguientes opciones: solicitar más información al fabricante o localizar un laboratorio homologado que realice los ensayos que faltan. Si no es posible ninguna de las dos opciones indicadas u otra similar, será necesario valorar qué exigencias no son cumplidas ya que la responsabilidad del uso del BT recae sobre el técnico competente ante el incumplimiento de las mismas.

- **Si no se cumple ninguna**, se propone desestimar el uso del BT para el elemento constructivo escogido, se plantean soluciones de mejora si el producto puede ser ensayado con mayor detalle, se modifica el tipo de BT o bien se asumen los riesgos por parte del técnico proyectista de la falta de cumplimiento de las exigencias.

2) Criterios constructivos del proyecto arquitectónico. Bloques de estudio: Requisitos constructivos y acciones externas.

Para el análisis de los criterios constructivos del proyecto arquitectónico se considerarán los bloques de Requisitos constructivos y Acciones externas. Mediante la evaluación de la entrada de datos correspondiente a los bloques de estudio 2º y 3º, se pondrá de manifiesto si los criterios descritos en el proyecto arquitectónico se ajustan a un adecuado, medio o bajo grado de idoneidad⁸⁰. Así como se muestra qué indicador es susceptible de mejora.

En primer lugar, se comenzará la evaluación a partir de los ámbitos y los resultados de los GI⁸¹ y resumidos en la tabla 40. Esta tabla muestra los valores para cada ámbito en los 3 bloques de estudio.

Tabla 40. Valores de los grados de idoneidad para los ámbitos del elemento constructivo y cada bloque de estudio. Fuente: Elaboración propia.

Bloques de estudio	Código Caso de estudio - Ámbitos del elemento constructivo								
	Cimentación	Base del muro	Huecos en el muro - dintel	Huecos en el muro - jambas	Huecos en el muro - alféizar	Acabados-interior	Acabados-exterior	Instalación de recursos técnicos	Coronación del muro
Calidad Producto	0,00	2,38	2,65	2,57	2,55	2,45	2,43	2,52	2,58
Requisitos Constructivos	0,00	2,80	2,83	2,85	2,86	2,71	2,87	2,85	2,84
Acciones Externas	0,00	2,86	2,77	2,80	2,80	2,80	2,84	2,77	2,80

⁸⁰ Es decir, la entrada de datos será comparada con las determinaciones constructivas a través de la evaluación de los indicadores.

⁸¹ Se recuerda que los grados de idoneidad de cada bloque de estudio se caracterizan por ser la suma de los NETP en cada ámbito. Éste oscila entre 1 y 3, siendo 3 la mayor puntuación. Ver apartado 5.5.

A continuación, los valores obtenidos se enmarcan en los intervalos que asignan las tonalidades a los GI.

La **obtención de los valores de los intervalos** que señalan la tonalidad de los GI ha sido hallada mediante la aplicación de la herramienta en varios casos de estudio reales (figura 79).

Esta figura indica mediante barras, los valores de los grados de idoneidad alcanzados por los casos de estudio reales en un ámbito. En el eje vertical se muestra el rango de valores de los grados que van desde 1 a 3 y en el eje horizontal, los casos de estudio. Mediante las tonalidades rojo, amarillo y verde se agrupan los valores pertenecientes a cada intervalo.

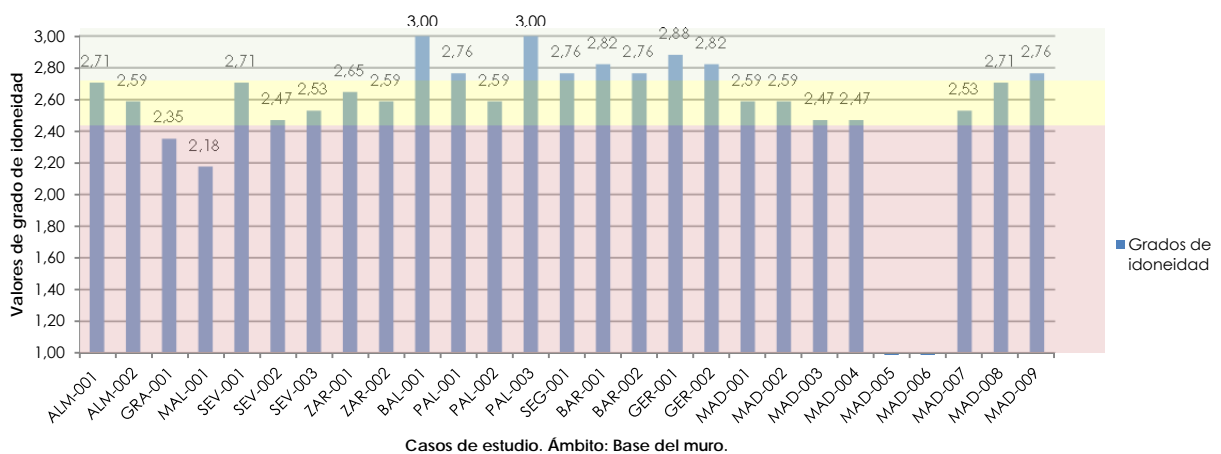


Figura 79. Obtención de intervalos de grados de idoneidad para la base del muro (requisitos constructivos). Fuente: Elaboración propia.

Estas gráficas se realizan para todos los ámbitos y bloques de estudio. En cada ámbito se ha estudiado qué soluciones son adecuadas, cuáles son susceptibles de mejoras y cuáles deben ser mejorados en profundidad. En base a ello y el resultado obtenido en los casos de estudio, se han agrupado los distintos valores hasta la aproximación de los diversos intervalos. Es decir, los resultados de los GI de los casos de estudio sirven, de manera aproximada, como límites de los intervalos. Estos podrán ser definidos, con mayor detalle, en el avance de la investigación.

Como puede observarse en la tabla 41, los intervalos no son iguales ya que los valores obtenidos en las distintas experiencias se asimilaban de manera desigual en función del ámbito y bloque de estudio. Conforme se incluyan más casos de estudio, los intervalos serán susceptibles de cambios para su mejora y actualización.

A continuación se reflejan los intervalos de cada ámbito en el caso de los requisitos constructivos⁸².

Tabla 41. Intervalos de los requisitos constructivos en la primera y tercera fila y acciones externas en la segunda y cuarta. Fuente: Autor.

Cimentación			Base del muro			Huecos - Dintel			Huecos - Jambas			Huecos - Alfóizar		
	Min	Máx		Min	Máx		Min	Máx		Min	Máx		Min	Máx
3	2,7	3	3	2,7	3	3	2,6	3	3	2,69	3	3	2,69	3
2	2,33	2,59	2	2,3	2,69	2	2,33	2,59	2	2,47	2,68	2	2,47	2,68
1	0	2,32	1	0	2,29	1	0	2,32	1	0	2,46	1	0	2,46
3	2,7	3	3	2,76	3	3	2,68	3	3	2,6	3	3	2,6	3
2	2,33	2,59	2	2,26	2,75	2	2	2,67	2	2	2,59	2	1,99	2,59
1	0	2,32	1	0	2,25	1	0	1,99	1	0	1,99	1	0	1,98
Acabados - Interior			Acabados- Exterior			Recursos técnicos			Coronación			Partición		
	Min	Máx		Min	Máx		Min	Máx		Min	Máx		Min	Máx
3	2,7	3	3	2,7	3	3	2,7	3	3	2,7	3	3	2,6	3
2	2,4	2,69	2	2,33	2,59	2	2,3	2,69	2	2,4	2,69	2	2,3	2,59
1	0	2,39	1	0	2,32	1	0	2,29	1	0	2,39	1	0	2,29
3	2,59	3	3	2,6	3	3	2,7	3	3	2,59	3	3	2,7	3
2	2	2,58	2	2,33	2,59	2	2,3	2,69	2	2,19	2,58	2	2,3	2,69
1	0	1,99	1	0	2,32	1	0	2,29	1	0	2,18	1	0	2,29

Por último, la herramienta muestra una tabla donde puede observarse cada uno de los ámbitos del elemento constructivo, así como los datos obtenidos de los GI y sus correspondientes tonalidades en cada bloque de estudio.

Tabla 42. Valores obtenidos. Fuente: Autor.

Bloques de estudio	Cimentación	Base del muro	Huecos en el muro - dintel	Huecos en el muro -	Huecos en el muro -	Acabados- interior	Acabados- exterior	Instalación de recursos	Coronación del muro
RC	0,00	2,80	2,83	2,85	2,86	2,71	2,87	2,85	2,84
AE	0,00	2,86	2,77	2,80	2,80	2,80	2,84	2,77	2,80

Una vez definidos los resultados y los GI se propone la siguiente pregunta: “¿Todos los criterios arquitectónicos han obtenido un grado de idoneidad adecuado?”

- Si la respuesta es **afirmativa**, los criterios constructivos son entendidos como adecuados para el proyecto arquitectónico.
- Si la respuesta es **negativa**, será necesario *modificar los criterios arquitectónicos para aportar mejoras*. En el caso de proponer mejoras, se aconseja la lectura de las recomendaciones y soluciones propuestas. Si por el contrario, no es posible la modificación de los criterios iniciales, se debe reflexionar sobre la posibilidad de desestimar el uso del BT para el elemento constructivo analizado o proponerlo para otro.

⁸² El resto de intervalos y gráficas similares a la número 86, se muestran en el Anexo C.

5.7. APROXIMACIÓN A RECOMENDACIONES Y SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

Cuando el GI correspondiente a un bloque y ámbito es medio o bajo y los criterios arquitectónicos sean susceptibles de ser modificados, se proponen **recomendaciones y soluciones constructivas de mejora**. Las recomendaciones están basadas en las determinaciones constructivas desarrolladas en el capítulo 4 y en el análisis de los casos de estudio adecuados. Son acciones que se relacionan con el GI obtenido:

- **Acciones recomendadas.** Serán aquellas acciones que se consideran básicas para dicho ámbito y que, aunque el grado de idoneidad haya sido adecuado, se recomienda su lectura y adaptación.
- **Acciones leves.** Se trata de acciones que junto a las acciones recomendadas se aplicarán a los grados de idoneidad medios. Serán acciones que modificarán sustancialmente los criterios escogidos como datos de partida.
- **Acciones moderadas.** Se trata de acciones de carácter importante y que modificarán los criterios arquitectónicos del proyecto de manera integral.

Las acciones se clasifican en función del ámbito en el que pueden ser aplicadas. A continuación (tabla 43), se muestran las recomendaciones clasificadas por el ámbito de aplicación y por el grado de idoneidad al que se aplican. Así mismo, cada acción tiene en cuenta la composición del muro, aspectos estructurales, de salubridad, térmicos, incendios, acústicos, entre otros:

Tabla 43. Recomendaciones y soluciones constructivas para los grados de idoneidad. Fuente: Elaboración propia.

Acciones para la mejora de los criterios arquitectónicos		
Ámbito	Grado de idoneidad. Tipo de acción	Acciones
General	Media de los GI	<p>Composición.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Revisar la composición del mortero de agarre. Se recomienda no utilizar mortero de cemento. - El llagueado se aconseja que sea entre 1 a 1,5 cm (Peter Walker, 2001). <p>Estructura.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Revisar la posición de las cargas y forma para que no sean ex-céntricas ni se encuentren por encima de las posibilidades del muro ("NZS 4297 (1998): Engineering design of earth buildings," 1998). -Organizar el espacio de las juntas de construcción verticales para que se encuentren cada 3 a 6 m. <p>Térmico.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Organizar las capas del cerramiento para que sean permeables del interior al exterior (Guigou Fernández & Canarias, 2002). <p>Recomendaciones en zona sísmica sin normativa.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Edificios de una sola planta, geometría simple y simétrica. Arriostamiento y longitud de los elementos, recomendaciones de dimensiones y posición de huecos (Auroville Earth Institute, 2005; Minke, 2001).
	Media de los GI	<p>Estructura.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Modificar la esbeltez del muro si no se arriestra el muro o arriostar el muro siguiendo las medidas establecidas. Establecer mejoras en el mortero o incluir aditivos en el BT para mejorar la capacidad portante (Morton, 2008b). - Si la organización espacial es regular o irregular, pero elementos no son continuos, será necesario arriostar o atar los muros en la medida de lo posible⁸³. -Zonas sísmicas. Atado de los muros mediante zunchos, desvincular los espacios (Auroville Earth Institute, 2005; Minke, 2001). -Juntas de dilatación del muro. Distancia máxima de separación. Colocar las juntas aprovechando cambio de material. -Evitar la colocación del BT en cerramientos con mucha carga

⁸³ Cómo arriostar el muro (Guillaud et al., 1995). Cambiar el aparejo para modificar el espesor del muro.

	<p>eólica y ajustar la longitud de la protección efectiva. Refuerzo de las esquinas del muro.</p> <p>Requerimiento de incendios. -Revisar el contenido de fibras, materia orgánica, la densidad del bloque (Morton, 2008b). Se recomienda el uso de revestimiento.</p> <p>Salubridad. -Correcta ventilación del espacio (Ministerio de Fomento, 2015).</p> <p>Acústica. -En caso de exigencia acústica, revisar la densidad del bloque (Aenor, 2008b) y la continuidad de los elementos.</p> <p>Térmico. Determinar la necesidad de aislamiento térmico y el espesor del muro (Ministerio de Fomento, 2013) .</p>
Media de los GI	<p>Estructura. -Estudio del tipo de estructura. Será necesario RECALCULAR la estructura teniendo en cuenta el espesor del muro, mejorar la estabilidad de los muros delgados mediante contrafuertes o descargar la carga portante mediante un sistema de vigas, armar el muro (para zonas sísmicas). Proponer otro tipo de estructura portante o definición del sistema: monolítico basado en muros continuos, de sistema portante independiente al muro mediante pilares y vigas o de sistema mediante arcos. -Modificar la organización espacial del proyecto. -En caso de sismo, modificación del tipo de estructura portante.</p> <p>Requerimientos de incendios. Modificar el espesor del muro acorde a las exigencias contra incendios. Modificar el contenido de fibra o revisar la existencia de materia orgánica. Utilización de revestimiento.</p> <p>Acústico. Proponer aislamiento acústico o referir el detalle constructivo para su adaptación a la exigencia acústica.</p>

Cimentación	<p>GI alto – Acciones recomendadas</p>	<p>Estructura.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Revisar la posición de las cargas para que no sean excéntricas ni se encuentran por encima de las posibilidades del muro (“NZS 4297 (1998): Engineering design of earth buildings,” 1998). -Comprobar que la transmisión de las cargas del muro a la cimentación se realizan correctamente mediante una superficie plana y con una altura correcta (Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica, 2005). <p>Salubridad.</p> <p>Impermeabilización y soluciones sin acumulación junto al muro (Guillaud et al., 1995; Ministerio de Fomento, 2015).</p>
	<p>GI medio – Acciones leves</p>	<p>Estructura.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Altura de transmisión de las cargas: 25 – 50 cms (Guillaud et al., 1995; Houben, 1995). -En el caso de sobrecimientos, como ejemplo: emplear ladrillo cocido o roca con material de relleno compacto y resistente. Colocación de traba entre cimentación y muro (Minke, 2001). <p>Salubridad.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Impermeabilización y drenaje con acumulación temporal⁸⁴. -Capa de protección impermeabilizante de la cimentación (Ministerio de Fomento, 2015). -Drenaje adecuado en el terreno (Guillaud et al., 1995).
	<p>GI bajo – Acciones moderadas</p>	<p>Estructura.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Será necesario recalcular la estructura teniendo en cuenta un sistema de armados, aumento del espesor del muro, disminución de luces, entre otros (Guillaud et al., 1995). -Ubicar cimentación bajo los muros de carga de la estructura (Guillaud et al., 1995). -En caso de sismo, conexión vertical entre el muro y la cimentación (Auroville Earth Institute, 2005; Minke, 2001). <p>Salubridad.</p> <p>-Impermeabilización y acumulación prolongada bajo el muro (Guillaud et al., 1995).</p>

⁸⁴ Propuestas de impermeabilización y base del muro para el uso del BT en función de las condiciones constructivas mínimas del CTE (Ministerio de Fomento, 2015).

Base del muro	G1 alto – Acciones recomendadas	<p>Salubridad.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Uso de acerado perimetral.
	G1 medio – Acciones leves	<p>General.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Comprobar la distancia de seguridad del terreno y su pendiente con respecto al cerramiento (Minke, 2005). En caso de zona sísmica, la distancia será 3 m (Minke, 2001). -Revisar el porcentaje de fibras de las que está compuesto el BT. <p>Salubridad.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Elementos que protejan de salpicaduras tanto en el interior como exterior. Ejemplo: zócalo de una altura entre 0,50 a 1,00m. Estabilización de los bloques inferiores o revestimientos con alta resistencia a la filtración. Distinto material en la base como piedra, bloques o madera que eviten la ascensión de agua. -Colocación de barrera anti-capilaridad. Altura recomendada del muro (75 mm) o al menos a 150 mm del nivel del suelo (Ministerio de Fomento, 2015). -Evacuación del agua en el interior de la cámara en caso de varias capas y aislamiento térmico en su interior. <p>Otros.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Revisar el tipo de barrera anti-termita utilizada que se encuentre al menos a 75 mm del nivel del suelo (Peter Walker, 2001). <p>Estructura.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aumento del espesor, contrafuertes, uso de vigas, fábrica armada, entre otros... <p>Acústico.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Comprobar la continuidad de los elementos para garantizar el comportamiento acústico.
	G1 bajo – Acciones moderadas	<p>General.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Realizar una excavación próxima al muro que evite el contacto del terreno contra el muro. <p>Estructura.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Modificar la vegetación colindante con la base del muro. -Modificar el uso del espacio colindante de la base del muro para evitar el contacto de animales u otros elementos que puedan erosionar el muro. <p>Salubridad.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Modificar el terreno colindante del muro para evitar que colinde el terreno con el muro y le transmita humedad. Estudiar una solución constructiva acorde al CTE DB HS para muros en contacto con el terreno (Ministerio de Fomento, 2015). <p>Otros.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Colocación de barrera anti-termitas.

Huecos	<p>GI alto – Acciones recomendadas</p>	<p>Estructura.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Evitar los arcos en zonas sísmicas. Revisar que el total de huecos no sobrepase el 20% en caso de zona sísmica. -Revisar que los extremos del dintel sobrepase el hueco en, al menos, 25 cm. <p>Salubridad.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Elementos especiales en los huecos. Revisión del tipo de bloque en los extremos del hueco (Ministerio de Fomento, 2015).
	<p>GI medio – Acciones leves</p>	<p>Estructura.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Revisar el número total de huecos, las dimensiones de los huecos, las distancias entre los huecos si no se cumple alguna de las disposiciones señaladas. Aportar refuerzos donde sea necesario y estudiarlos. -Colocación de un elemento soporte a modo de dintel y anclaje de acero en los extremos con una distancia mínima aconsejada de 25 cm desde el hueco. - Si se utilizan arcos, revisar que la distancia máxima a la terminación del muro sea menor de 450 mm. -Refuerzo del hueco en el centro del muro mediante bloques especiales para empotrar la ventana o la puerta. -En caso de sismo. Modificar la forma de los huecos desde la zona de atado hasta la zona inferior. <p>Salubridad.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Colocación de vierteaguas en los alféizares⁸⁵. -Revisar la ventilación del espacio donde se ubican para evitar la saturación del BT para evitar las condensaciones.
	<p>GI bajo – Acciones moderadas</p>	<p>Estructura.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Reestudiar el tipo de hueco para el sistema estructural a realizar⁸⁶. -Si la configuración espacial es irregular, recalcular el número de huecos y sus dimensiones. -Se recomienda no utilizar arcos en zona sísmica. -Disminuir el ancho del arco a menos de 1,8 m. <p>Salubridad.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Añadir elementos que generen una correcta ventilación para que no se provoque la saturación del BT. -Colocar impermeabilización según normativa en grados de impermeabilización 5.

⁸⁵ Propuesta de elementos que eviten la saturación de la fábrica desde el hueco.

⁸⁶ Tipo de huecos para los distintos tipos de estructuras (Guillaud et al., 1995).

Acabados	GI alto – Acciones recomendadas	<ul style="list-style-type: none"> -Proteger el bloque con un revestimiento adecuado. En caso de cerramiento exterior con una resistencia medio o alta a la filtración (Ministerio de Fomento, 2015). -Evitar el uso de mortero de cemento, materiales con baja permeabilidad al vapor de agua, pinturas sintéticas o vinilos. -Espesor de 10 a 15 mm del revestimiento.
	GI medio – Acciones leves	<p>Salubridad.</p> <ul style="list-style-type: none"> -No utilizar revestimientos aceitosos. -En caso de encontrarse en un ambiente húmedo, colocación de un revestimiento que evite el colapso del BT debido a la congelación del agua. -Revisar el porcentaje de fibras del BT.
	GI bajo – Acciones moderadas	<p>Salubridad.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Colocar revestimiento que sea permeable al vapor de agua. -Colocar juntas en lugares con cambio de material.
Recursos técnicos	GI alto – Acciones recomendadas	<p>General.</p> <p>Diseñar el transcurso de las instalaciones y no dejar para obra (Guillaud et al., 1995).</p>
	GI medio – Acciones leves	<p>General.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Ventilación de los espacios para evitar la saturación del muro. <p>Estructura.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Garantizar que los recursos técnicos no afectan a la capacidad portante del muro. Centralizar los recursos técnicos e integrados en el espesor de los muros utilizando bloques especiales para ello o que circulen por otra capa del cerramiento. -Evitar hacer rozas para el cableado eléctrico (Guillaud et al., 1995). -Evitar canalizaciones de fluidos a través de los BT. -Limitar atravesar el muro en más de 200 mm de ancho. <p>Requerimiento acústico.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Revisar la continuidad de los elementos en las zonas con rozas.
	GI bajo – Acciones moderadas	<p>Estructura.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Prever las canalizaciones de los recursos técnicos. -Utilizar bloques especiales para el transcurso de recursos técnicos. -En caso de necesidad, el ancho de las rozas debe ser menor que un 10% el ancho total del muro (Guillaud et al., 1995). -Reforzar la zona afectada con la roza mediante anclajes metálicos. Revisar la posición de las rozas. Preferiblemente en el interior. Sellar con mortero.

Coronación del muro	G1 alto – Acciones recomendadas	<p>General. -Última hilada con un mortero aligerante.</p>
	G1 medio – Acciones leves	<p>Estructura. -Revisar la posición de las cargas para que no sean excéntricas ni se encuentran por encima de las posibilidades del muro ("NZS 4297 (1998): Engineering design of earth buildings," 1998) y estudiar los apoyos de los mismos sobre el muro mediante vigas de atado. . -En caso de cubierta inclinada o forjado superior, apoyo de la cubierta sobre el eje del muro y pieza especial de apoyo. -En algunos muros ortogonales se instalan refuerzos de esquina a manera de escuadra conformados por elementos de madera o caña brava. Este elemento de refuerzo se coloca únicamente en la parte superior del muro, a nivel de amarre de la cubierta. En zonas sísmicas es fundamental. -En zonas con gran influencia de viento, los elementos de protección efectiva no pueden superar los 400-500 mm.</p> <p>Salubridad. -Membranas impermeabilizantes en la coronación. Protección del muro mediante la colocación de elementos que eviten el goteo de agua a través del muro: canalón, entre otros. Revisar el vuelo de la cornisa ("NZS 4299 (1998): Engineering design not requiring specific design," 1998). -Revisar el porcentaje de fibras del BT.</p>
	G1 bajo – Acciones moderadas	<p>Estructura. -Será necesario recalcular la estructura teniendo en cuenta un sistema de armados, aumento del espesor del muro, disminución de luces⁸⁷, entre otros. -Atar los muros o arriostrarlos mediante elementos de atado si la volumetría es irregular y asimétrica. Garantizar la continuidad.</p> <p>Salubridad. -Protección del muro en la coronación mediante la colocación de elementos que eviten el goteo de agua a través del muro.</p>

⁸⁷ Propuesta de tipo de apoyos en muros de bloques.

Capítulo 6

Validación de la herramienta

En este capítulo se lleva a cabo la validación de la herramienta en un caso de estudio inicial y real. Además, para confirmar los datos obtenidos en la herramienta se realizan casos hipotéticos a partir del caso inicial.

6.1. Entrada de datos.....	271
6.2. Niveles de análisis	284

6. VALIDACIÓN DE LA HERRAMIENTA

Una vez desarrollada la herramienta, es necesario aplicarla en detalle en un caso de estudio con suficiente relevancia y resultados idóneos de acuerdo con objetivo específico de este trabajo de investigación: **implementar la herramienta en un caso de estudio adecuado**. El caso de estudio debe tener una superficie considerable que aporte distintas soluciones constructivas, con un BT que haya sido analizado y sea posible conocer sus características así como la facilidad de aporte de documentación. Esta situación real de análisis será denominado como caso inicial.

A continuación, para conseguir diferentes respuestas de la herramienta que comprendan a todos los bloques de estudio, se asignan variaciones constructivas hipotéticas al edificio. En estos casos, se analizará qué GI no son adecuados y cuáles son las soluciones se proponen. La finalidad será conocer la respuesta de la herramienta para su validación.

6.1. ENTRADA DE DATOS

Con estas condiciones de partida, se plantea como caso de estudio la Escuela Infantil Municipal La Font del Rieral en Santa Eulàlia de Ronçana (Barcelona) que reúne las características comentadas con anterioridad dadas las referencias obtenidas en la investigación (figura 80).



Figura 80. Imagen aérea de la Escuela infantil municipal La Font de Rieral en Santa Eulalia de Ronçana. Fuente: Construcción 21 España.

Esta Escuela fue diseñada para aumentar la calidad de los edificios bajo un marco de respeto hacia la naturaleza, así como conseguir el máximo confort para sus usuarios. En particular, para conseguir dichos objetivos se apostó por una arquitec-

tura basada en la tierra como material portante. Para ello, se utilizó BTC (de la empresa Bioterre – fabricante P7) tanto para los paramentos verticales como para las cúpulas. En este proyecto también han sido desarrollados paramentos verticales con tapia y paramentos horizontales con cubierta ajardinada.

Su forma circular promueve los trabajos realizados en cooperativo. Esta forma es compatible con la ejecución de cúpulas construidas con BTC. Las aulas varían sutilmente en superficie, radio y altura en función de las edades de los niños (Barbeta, Palau, & Navarrete, 2012). Tiene una superficie construida de 716 m².

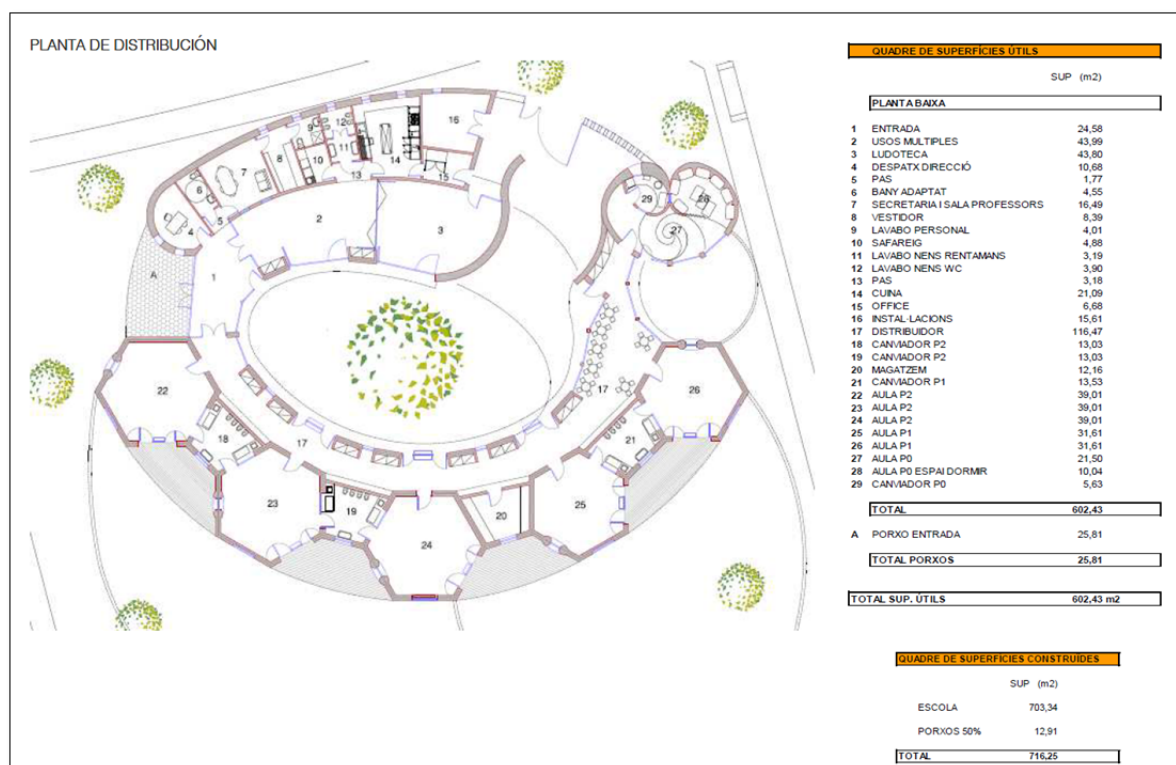


Figura 81 Planta de distribución del inmueble BAR-001. Fuente: (Barbeta et al., 2012)

El proyecto ha sido evaluado por los técnicos redactores mediante el programa informático LIDER establecido por el CTE DB HE 1 obteniendo una calificación energética A.

Las características técnicas más relevantes son las siguientes:

- Resistencia a compresión del bloque entre 7-10 N/mm²
- Aislamiento térmico de corcho natural para un espesor de 30 cm con una transmitancia térmica de 1,30 W/m²°C.

- Aislamiento acústico de la solución adoptada de 54 dB.
- Resistencia al fuego mayor a 240 min.
- Los morteros utilizados de cemento natural rápido o mortero M-2.5 con adición de un 50% de tierra preparada TMA<5mm. Espesor de 1,5 cm.
- Los grosores de los muros alternan entre 15 cm de las particiones y 30 cm y 45 cm (fachada norte) al exterior.

En el interior se aplica tratamiento hidrófugo. Por otro lado, la **composición de la fachada** de este caso de estudio no ha sido desarrollada en ninguno de los anteriores. Esta está compuesta por doble fábrica de BTC con aislamiento de corcho natural y cámara de aire en su interior (figura 82). Además, ambas hojas están ancladas por llaves de acero galvanizado.

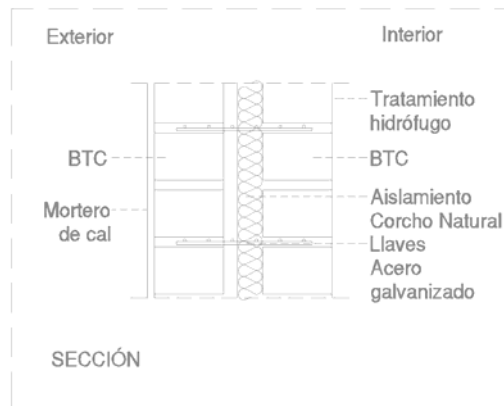


Figura 82. Composición de la fachada. BAR-001. Fuente: Proyecto Escuela (Barbetá et al., 2014). Elaboración propia.

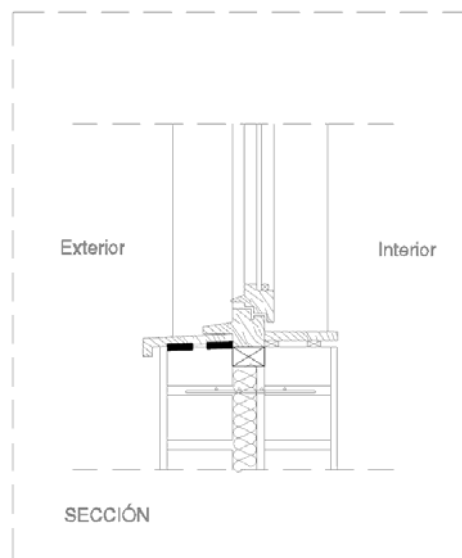


Figura 83. Hueco. BAR-001, Fuente: Proyecto Escuela (Barbetá et al., 2014). Elaboración propia.

El hueco se completa con carpintería de madera sobre la lámina impermeabilizante y el premarco se fija entre los BTC (figura 83). Otros huecos se componen de pieza cerámica haciendo la forma curva (figura 84).



Figura 84. Ejecución de uno de los huecos. Tipo ovalado con pieza cerámica. Fuente: Proyecto Escuela.

El apoyo del muro en la **cimentación** se realiza de manera similar al caso de estudio BAR-002 es decir, sobre un bloque de hormigón y mediante la aportación de una varilla metálica. A continuación, éste se eleva por encima del nivel del terreno y se coloca una lámina impermeabilizante. En la parte superior del muro, dado que es portante, se ha diseñado una viga de hormigón armado que recoge y distribuye las cargas que transmite la cubierta. Así mismo, este arriestra los distintos muros que componen el inmueble (figura 85).



Figura 85. Detalles de coronación de muro y base. Fuente: (Barbeta et al., 2012)

Dado el uso educativo del inmueble, deben ser cumplidas exigencias de carácter térmico, acústico, estructural (debido al muro portante) y al fuego. Debido a que el muro se encuentra protegido por un revestimiento hacia el exterior, las exigencias de exposición severa y cara vista no serán de aplicación, pero sí, parámetro exterior.

En primer lugar, se aplicará la herramienta a un **caso inicial** que corresponde con la realidad del edificio. Para ello, se exponen los **datos de partida** del proyecto arquitectónico para el EVC obtenidos de distintos documentos aportados por el arquitecto (tabla 44):

Tabla 44. Entrada de datos del Caso BAR-001 – Caso inicial. Fuente: Elaboración propia.

Código: BAR-001		Escuela Santa Eulalia de Ronçana		Nombre
Calidad del producto				
Sobre el BT a utilizar				
Del producto		BTC - Bioterre		
Tipo de producción		In situ o externa	Externa	
Tipo de BT y composición del bloque previsto		Tipo de estabilizante	Cemento	
		Declaración de estabilizante	Si	
		Certificación de estabilizante	Si	
		Densidad prevista	Si	
		Utilización de fibras	No	
		Indicación de composición del agua	No	
		Materia Orgánica o sales.	No	
Declaración de datos		Densidad	Si	
		Resistencia a compresión	Si	
		Resistencia a ciclos de humectación/secado	Si	
		Resistencia a la erosión	Si	
		Absorción de agua por capilaridad	Si	
		Resistencia a ciclos de hielo /deshielo	Si	
		Propiedades térmicas del producto	Si	
		Permeabilidad al vapor de agua	Si	
		Reacción al fuego	Si	
		Dimensiones	Si	

	Tolerancias	Si
	Planeidad	Si
	Defectos	Si
	Alveolos	Si
Certificación mediante ensayos normalizados	Densidad	Si
	Resistencia a compresión	Si
	Resistencia a ciclos de humectación/secado	Si
	Resistencia a la erosión	Si
	Absorción de agua por capilaridad	Si
	Resistencia a ciclos de hielo /deshielo	Si
	Propiedades térmicas del producto	Si
	Permeabilidad al vapor de agua	Si
	Reacción al fuego	Si

Requisitos constructivos

Aspectos generales	Localización del proyecto	Santa Eulalia de Ronçana
		Ciudad
Características generales del inmueble	Altura	3 metros aprox.
	Nº de plantas	1
	Composición espacial	No simétrica / Curva
	Uso del edificio	Educación
Características del muro	Localización del bloque en fachada (Exterior o interior e varias capas)*.	Exterior
	Tipo de revestimiento del muro o cara vista *.	Revestimiento
	Tipo de mortero a utilizar.	Mortero de cal
	Composición del muro.	Doble fábrica de BTC de 30 cm con cámara y aislamiento de corcho natural de 2 cm.
	Previsión de altura del apoyo del muro.	15 cms sobre el terreno
	Tipo de apoyo del muro en la cimentación.	Muro elevado por bloque de hormigón y anclado a la cimentación
	Previsión de cimentación.	Zapata corrida de hormigón apoyada directamente sobre el firme
	Arriostramiento del muro.	Viga de coronación

	Esbeltez.	2,5 metros de alto
	Volumetría simétrica o irregular.	Irregular
	Huecos	Con huecos
	Espesor previsto.	30 cms
	Continuidad de los elementos	Si
	Previsión de juntas	Si
	Previsión de análisis del mortero utilizado de agarre	Si

Elementos de protección	Utilización de zócalo	No
	Utilización de cornisa	Si

Características constructivas generales	Tipología estructural	Muros de carga
	Sistema constructiva: portante o no portante	Portante
	Estructura: identificación de cargas y sobrecargas 1	Verticales
	Estructura: identificación de cargas y sobrecargas 2	No procede

Exigencias	¿Exposición severa?	No
	¿Cara vista?	No/Si
	¿Exigencias de aislamiento térmico?	Si
	¿Parámetro exterior?	Si
	Exigencias acústicas	Si
	Exigencias estructurales	Si
	Exigencias de resistencia al fuego	Si

Agentes externos

Aspectos ambientales	Zona pluviométrica de promedios (CTE)	III
	Viento dominante de la zona	Levante y poniente
	Viento (km/h)	-
	Zona Eólica	C
	Temperatura mínima	<0°C
	Humedad del ambiente	>70%
	Riesgo de microorganismos	Si
Aspectos del terreno	Descripción del perfil del terreno con respecto al lugar de intervención	Levemente inclinado
	Altura del nivel freático	Se desconoce
	Coefficiente ag de la zona (Sismo)	0,09
Aspectos patrimoniales	Catálogo	No
	Normas específicas	No
	Grado de protección	-

	Estrategias de sostenibilidad	No
	Normas constructivas específicas	No
Otros	Tipo de vegetación colindante	De hoja caduca en la fachada sur que da sombra en verano y luz, en invierno
	Tipo de contaminación posible	Ninguno
	Uso del espacio colindante	Patio de juegos
Ámbito de trabajo		
Ejecución de muros		
	Cimentación	No
	Base del muro	
	Huecos en el muro	
	Dintel	Si
	Jambas	Si
	Alféizar	Si
Acabados		
	Interior	Si
	Exterior	Si
	Instalación de recursos técnicos	Si
	Coronación del muro	

Como puede observarse en los **datos de partida**, a simple vista se trata de un edificio que está construido con un producto con, prácticamente, la totalidad de los ensayos desarrollados por la normativa UNE 41410:2008.

A continuación, con los datos recopilados de los datos de partida, es posible desarrollar los NET de los indicadores (tabla 45):

Tabla 45. Asignación de valores NET. Fuente: Elaboración propia.

Bloque de estudio	Subgrupo	Indicador	NET
C-CA Calidad del producto	C-CA-AF Aspectos Físicos	C-CA-AF-001 Densidad	3,00
		C-CA-AF-002 Resistencia mecánica	3,00
		C-CA-AF-003 Resistencia a ciclos de humectación/secado	3,00
		C-CA-AF-004 Resistencia a la erosión	3,00
		C-CA-AF-005 Absorción de agua por capilaridad	3,00
		C-CA-AF-006 Resistencia a ciclos de hielo/deshielo	3,00
		C-CA-AF-007 Propiedades térmicas del producto	3,00
		C-CA-AF-008 Permeabilidad al vapor de agua	3,00
		C-CA-AF-009 Adherencia	3,00

	C-CA-AQ Aspectos Químicos	C-CA-AQ-001 Características de los constituyentes - Estabilizantes		3,00
		C-CA-AQ-002 El agua como constituyente		1,00
		C-CA-AQ-003 Reacción al fuego		3,00
	C-CA-AG Aspectos Geométricos	C-CA-AG-001 Dimensiones y tolerancias		3,00
		C-CA-AG-002 Aspecto		3,00
				40,00
C-RC Requisitos constructivos	C-RC-S Seguridad	C-RC-S-001 Estructural	C-RC-S-001.1 Transmisión de las cargas	3,00
			C-RC-S-001.2 Transmisión al terreno	3,00
			C-RC-S-001.3 Capacidad portante	3,00
			C-RC-S-001.4 Configuración espacial	2,00
			C-RC-S-001.5 Configuración de los huecos	3,00
	C-RC-S-002 Incendios	C-RC-S-002 .1 Seguridad en caso de incendios		2,00
		C-RC-S-002.2 Estado de las lesiones existentes		3,00
	C-RC-H 001 Habitabilidad	C-RC-H-001.1 Higiene, salud y protección del medio ambiente		3,00
		C-RC-H-001.2 Aislamiento acústico		3,00
		C-RC-H-001.3 Aislamiento térmico		3,00
C- AE Acciones externas	C-AE-F Acciones Físicas	C-AE-F-001 Meteorológica	C-AE-F-001.1 Pluviosidad	3,00
			C-AE-F-001.2 Viento	3,00
			C-AE-F-001.3 Temperatura	2,00
		C-AE-F-002 Morfológicas	C-AE-F-002.1 Perfil del terreno	3,00
	C-AE-F-003 Agentes naturales	C-AE-F-003.1 Sismo	3,00	
	C-AE-M Acciones mecánicas	C-AE-M-001 Agentes antrópicos	C-AE-M-001 Uso del espacio por animales, personas...	3,00
	C-AE-Q Acciones Químicas	C-AE-Q-001 Organismos	C-AE-Q-001.1 Agentes biológicos	3,00
		C-AE-Q-002 Agentes antrópicos	C-AE-Q-002.1 Actividades del hombre	3,00
		C-AE-Q-003 Agentes naturales	C-AE-Q-003.1 Humedad del terreno	3,00
			C-AE-Q-003.2 Humedad del ambiente	3,00
C-AE-Q-003.3 Radiación solar			3,00	

En el bloque de **Calidad del producto**, tal y como se exponía con anterioridad, la realización de casi la totalidad de los ensayos de la normativa repercute en un alto porcentaje de puntuación alta en los indicadores. Esta casuística ayudará a la idoneidad de las características del producto con las exigencias marcadas en el proyecto.

Con respecto al bloque de **Requisitos Constructivos**, cabe destacar la evaluación de tres indicadores con menor puntuación. Por un lado, la Configuración Espacial

de las aulas está desarrollada mediante formas regulares. Aunque la totalidad del edificio se compone de distintos espacios y cada uno de ellos se configura de manera más o menor regular, la forma en su totalidad es irregular. Si bien es cierto, se destaca la existencia de una viga de coronación que soporta el peso de las cubiertas y une los muros existentes. Si embargo, este EVC define que las edificaciones con este tipo de configuración espacial, aunque se encuentren arriostradas, sean evaluadas como 2 debido a una reducida simetría en planta (aunque esta opinión es susceptible a la decisión del técnico). Por otro lado, el uso docente hace necesario la utilización de sistemas de extinción de incendios⁸⁸. Si se realiza con agua, los muros que se encuentran sin revestimiento pueden verse afectados. Es por ello, que dicho indicador será evaluado como 2.

Mediante los NET, se obtienen los NETP y por último, los GI. En esta tabla, se indican los NETP mediante el color gris y los GI y GIC, con una tonalidad más oscura (tabla 46).

Tabla 46. Resultados de los NETP y GI de BAR-001.

Indicador	Cimentación	Base del muro	Huecos en el muro			Acabados		Instalación de recursos técnicos	Coronación del muro
			Dintel	Jambas	Alféizar	Interior	Exterior		
C-CA-AF-001 Densidad	0,00	0,21	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14	0,24	0,32
C-CA-AF-002 Resistencia mecánica	0,00	0,21	0,39	0,13	0,14	0,14	0,14	0,36	0,32
C-CA-AF-003 Resistencia a ciclos de humectación/secado	0,00	0,21	0,13	0,26	0,27	0,27	0,29	0,12	0,16
C-CA-AF-004 Resistencia a la erosión	0,00	0,31	0,13	0,13	0,14	0,27	0,14	0,24	0,16
C-CA-AF-005 Absorción de agua por capilaridad	0,00	0,21	0,13	0,26	0,27	0,27	0,29	0,24	0,16
C-CA-AF-006 Resistencia a ciclos de hielo/deshielo	0,00	0,21	0,13	0,13	0,14	0,14	0,29	0,12	0,16
C-CA-AF-007 Propiedades térmicas del producto	0,00	0,21	0,26	0,26	0,27	0,14	0,14	0,12	0,16
C-CA-AF-008 Permeabilidad al vapor de agua	0,00	0,21	0,26	0,26	0,27	0,41	0,43	0,12	0,16
C-CA-AF-009 Adherencia	0,00	0,21	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14	0,36	0,16
C-CA-AQ-001 Características de los constituyentes - Estabilizantes	0,00	0,21	0,13	0,13	0,14	0,27	0,14	0,24	0,32
C-CA-AQ-002 El agua como constituyente	0,00	0,07	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,08	0,05
C-CA-AQ-003 Reacción al fuego	0,00	0,21	0,39	0,39	0,27	0,41	0,43	0,12	0,32
C-CA-AG-001 Dimensiones y tolerancias	0,00	0,21	0,39	0,39	0,41	0,14	0,14	0,24	0,32
C-CA-AG-002 Aspecto	0,00	0,21	0,26	0,26	0,27	0,14	0,14	0,24	0,16
	0,00	2,86	2,91	2,91	2,91	2,91	2,90	2,84	2,89
C-RC-S-001.1 Transmisión de las cargas	0,00	0,45	0,33	0,23	0,21	0,18	0,20	0,45	0,32

⁸⁸ Tabla 1.1. Dotación de instalaciones de protección contra incendios – CTE DB SI 4.

C-RC-S-001.2 Transmisión al terreno	0,00	0,15	0,33	0,23	0,21	0,18	0,20	0,45	0,32
C-RC-S-001.3 Capacidad portante	0,00	0,45	0,50	0,23	0,21	0,18	0,20	0,30	0,47
C-RC-S-001.4 Configuración espacial	0,00	0,20	0,22	0,31	0,29	0,24	0,40	0,10	0,21
C-RC-S-001.5 Configuración de los huecos	0,00	0,15	0,50	0,69	0,64	0,18	0,40	0,30	0,16
C-RC-S-002.1 Seguridad en caso de incendios	0,00	0,20	0,22	0,15	0,14	0,35	0,13	0,20	0,21
C-RC-S-002.2 Estado de las lesiones existentes	0,00	0,30	0,17	0,23	0,21	0,35	0,20	0,30	0,32
C-RC-H-001.1 Higiene, salud y protección del medio ambiente	0,00	0,30	0,17	0,23	0,21	0,35	0,20	0,15	0,16
C-RC-H-001.2 Aislamiento acústico	0,00	0,30	0,17	0,23	0,21	0,35	0,40	0,30	0,32
C-RC-H-001.3 Aislamiento térmico	0,00	0,30	0,17	0,23	0,43	0,35	0,40	0,30	0,32
	0,00	2,80	2,78	2,77	2,79	2,71	2,73	2,85	2,79
C-AE-F-001.1 Pluviosidad	0,00	0,43	0,23	0,60	0,60	0,20	0,47	0,23	0,40
C-AE-F-001.2 Viento	0,00	0,29	0,23	0,20	0,20	0,20	0,47	0,23	0,20
C-AE-F-001.3 Temperatura	0,00	0,10	0,15	0,13	0,13	0,13	0,11	0,15	0,13
C-AE-F-002.1 Perfil del terreno	0,00	0,29	0,23	0,20	0,20	0,20	0,16	0,23	0,20
C-AE-F-003.1 Sismo	0,00	0,29	0,46	0,40	0,40	0,40	0,32	0,46	0,40
C-AE-M-001 Uso del espacio por animales, personas...	0,00	0,29	0,23	0,20	0,20	0,40	0,32	0,23	0,20
C-AE-Q-001.1 Agentes biológicos	0,00	0,29	0,23	0,20	0,20	0,20	0,16	0,23	0,20
C-AE-Q-002.1 Actividades del hombre	0,00	0,29	0,23	0,20	0,20	0,40	0,32	0,23	0,20
C-AE-Q-003.1 Humedad del terreno	0,00	0,29	0,23	0,20	0,20	0,20	0,16	0,46	0,20
C-AE-Q-003.2 Humedad del ambiente	0,00	0,29	0,46	0,40	0,40	0,40	0,32	0,23	0,40
C-AE-Q-003.3 Radiación solar	0,00	0,14	0,23	0,20	0,20	0,20	0,16	0,23	0,40
	0,00	2,95	2,92	2,93	2,93	2,93	2,95	2,92	2,93

A continuación se describe la evaluación obtenida en el **caso de estudio inicial** que corresponde con los datos de partida reales del edificio.

- **1º evaluación**

Los datos obtenidos en el 1º evaluación han alcanzado unos niveles adecuados. Es decir, se encuentran por encima de la media determinada (tabla 47). Este caso de estudio se asemejaría al resto de casos de estudio realizados en Cataluña (BAR-002, GER-001, GER-002) coincidente con el mismo equipo de trabajo y que en la actualidad desarrollan sus inmuebles con el producto del fabricante P7.

Tabla 47. 1º Evaluación BAR-001.

Código	C-CA Calidad del producto	C-RC Requi- sitos cons- tructivos	C- AE Acciones externas	Resultado
BAR-001	2,89	2,78	2,93	3

- 2º evaluación

Aunque los resultados en la primera evaluación han sido adecuados, es posible detallar en la 2º evaluación un análisis más exhaustivo de los resultados (Tabla 48).

Calidad del producto

En primer lugar, se muestra la tabla de relación entre exigencias e indicadores (tabla 48).

Tabla 48. Resultados de la 2º evaluación. Exigencias del proyecto arquitectónico. Fuente: Elaboración propia.

Exigencias y características en el proyecto arquitectónico		
C-CA-AF-001 Densidad	Exigencias acústicas.	3
C-CA-AF-002 Resistencia mecánica	Requisitos estructurales	3
C-CA-AF-003 Resistencia a ciclos de humectación/secado	Exposición severa	3
C-CA-AF-004 Resistencia a la erosión	Exposición severa	3
C-CA-AF-005 Absorción de agua por capilaridad	Exteriores con cara vista	3
C-CA-AF-006 Resistencia a ciclos de hielo/deshielo	Si está revestido no hace falta que se haga	3
C-CA-AF-007 Propiedades térmicas del producto	Exigencias térmicas	3
C-CA-AF-008 Permeabilidad al vapor de agua	Paramentos exteriores	3
C-CA-AF-009 Adherencia	Requisitos estructurales	3
C-CA-AQ-001 Características de los constituyentes - Estabilizantes	Presencia de microorganismos	3
C-CA-AQ-002 El agua como constituyente	En caso de falta de datos, será necesario analizar el mortero	3
C-CA-AQ-003 Reacción al fuego	Requisitos de resistencia al fuego	3

Como puede observarse, todos los resultados de las exigencias se cumplen. En los NET se indicó como 1 la definición del nivel del agua como constituyente. Sin embargo, como se ha realizado un ensayo en el mortero que se utilizó para el agarre del muro, no es necesario conocer el agua utilizada en el BTC.

Al igual que el resto de casos de estudio realizado con este producto del fabricante P7, las exigencias tienden a ser solventadas debido a que este producto ha sido ensayado para todas las determinaciones de la normativa. De esta manera, queda asegurado el cumplimiento de esta.

En este aspecto, el técnico obtendrá unos resultados idóneos con respecto a la información de la que dispone del producto, así como de las exigencias de su proyecto arquitectónico.

Requisitos constructivos y acciones externas

Dado los resultados del 1º evaluación, como era de esperar, los resultados alcanzados en los distintos ámbitos del muro se posicionan en el intervalo idóneo (tabla 49).

Tabla 49. Grados de idoneidad de BAR-001

	Cimentación	Base del muro	Huecos en el muro - dintel	Huecos en el muro - jambas	Huecos en el muro - alféizar	Acabados-interior	Acabados-exterior	Recursos técnicos	Coronación del muro
RC	0,00	2,80	2,78	2,77	2,79	2,71	2,73	2,85	2,79
AE	0,00	2,95	2,92	2,93	2,93	2,93	2,95	2,92	2,93

Tal y como se ha mostrado, el **caso inicial** ha obtenido unos resultados idóneos e incluidos en los intervalos con grados de idoneidad adecuados. Esta información se contrasta con la idoneidad del edificio en la realidad y durabilidad de sus productos en la actualidad.

6.2. NIVELES DE ANÁLISIS

A continuación se plantean las variaciones hipotéticas que modifican aspectos constructivos o localización del caso de estudio analizado y con la finalidad de obtener respuestas que validen la herramienta.

Segundo caso de estudio. Modificación de criterios sobre la Calidad del producto.

En este caso, se propone la variación de los NET y las exigencias iniciales del proyecto arquitectónico para conocer cómo afectaría dichas modificaciones de la Calidad del producto a la validación.

Se relacionarán los indicadores con las exigencias necesarias mediante la determinación de NET con valor 1 o 2 y se comprobará que exigencias no se cumplen.

Algunos ensayos están relacionados directamente con la exigencia a cumplir, como es el caso de las exigencias acústicas, térmicas y seguridad contra incendios. En ellas será necesario certificar la información referida en los indicadores siguientes: *C-CA-AF-001 Densidad* (para las exigencias acústicas), *C-CA-AF-007 Propiedades térmicas del producto* (exigencia térmica) y *C-CA-AQ-003 Reacción al fuego* (seguridad contra incendios). Si dichas exigencias deben ser establecidas en los datos de partida y los indicadores muestran un NET con valor 3 (información certificada sobre el ensayo), directamente la exigencia se cumple. Es por ello, que la relación entre los indicadores y los ensayos o información necesaria es evidente y la herramienta así lo indica.

Sin embargo, otras exigencias o ensayos a cumplimentar dependen de la posición del BT en el elemento constructivo y al tipo de exposición al que está sujeto. Para corroborar esta afirmación, en la herramienta se indica la siguiente variación hipotética: **BT sin revestimiento (cara vista)** y situado en el **parámetro exterior** (tabla 50). Para comprobar la validez de la herramienta se determinarán NET con valor 1 en aquellos indicadores que estén relacionados de manera directa con la modificación determinada (tabla 50) y así comprobar que los resultados obtenidos son acorde a las exigencias o parámetros marcados.

Tabla 50. Determinación de NET para la hipótesis de modificación de la calidad del producto. Fuente: Elaboración propia.

Bloque de estudio	Indicador	NET
C-CA Calidad del producto	C-CA-AF-001 Densidad	3,00
	C-CA-AF-002 Resistencia mecánica	3,00
	C-CA-AF-003 Resistencia a ciclos de humectación/secado	3,00
	C-CA-AF-004 Resistencia a la erosión	3,00
	C-CA-AF-005 Absorción de agua por capilaridad	1,00
	C-CA-AF-006 Resistencia a ciclos de hielo/deshielo	1,00
	C-CA-AF-007 Propiedades térmicas del producto	3,00
	C-CA-AF-008 Permeabilidad al vapor de agua	1,00
	C-CA-AF-009 Adherencia	3,00
	C-CA-AQ-001 Características de los constituyentes - Estabilizantes	3,00
	C-CA-AQ-002 El agua como constituyente	3,00
	C-CA-AG-003 Reacción al fuego	3,00
	C-CA-AG-001 Dimensiones y tolerancias	3,00
	C-CA-AG-002 Aspecto	3,00
	36,00	

En base a los indicadores determinados con anterioridad (tabla 50), la tabla siguiente (tabla 51), muestra las exigencias que no se cumplen. Es decir, si se producen las 2 situaciones indicadas (BT ubicado al exterior y sin revestimiento), será necesario conocer los ensayos de **absorción de agua por capilaridad**, la **resistencia a ciclos de hielo/deshielo** y la **permeabilidad al vapor de agua**. Estos datos se contrastan con la normativa UNE 41410:2008 donde, efectivamente, se indica la relación entre dichos ensayos y las exigencias marcadas.

Tabla 51. Resultados de exigencias necesarias en el proyecto arquitectónico para la hipótesis de la modificación de la calidad del producto. Fuente: Elaboración propia.

	Exigencias en el proyecto arquitectónico	
C-CA-AF-001 Densidad	Exigencias acústicas.	3
C-CA-AF-002 Resistencia mecánica	Requisitos estructurales	3
C-CA-AF-003 Adherencia	Requisitos estructurales	
C-CA-AF-003 Resistencia a ciclos de humectación/secado	Exposición severa	3
C-CA-AF-004 Resistencia a la erosión	Exposición severa	3
C-CA-AF-005 Absorción de agua por capilaridad	Elementos exteriores con cara vista	1
C-CA-AF-006 Resistencia a ciclos de hielo/deshielo	Si está revestido no hace falta que se haga	1
C-CA-AF-008 Permeabilidad al vapor de agua	Paramentos exteriores	1
C-CA-AF-007 Propiedades térmicas del producto	Exigencias térmicas	3
C-CA-AQ-001 Características de los constituyentes -	Presencia de microorganismos	3
C-CA-AQ-002 El agua como constituyente	En caso de falta de datos, será necesario analizar el mortero	3
C-CA-AQ-003 Reacción al fuego	Requisitos de resistencia al fuego	3
C-CA-AG-001 Dimensiones y tolerancias	No depende de ninguna exigencia.	
C-CA-AG-002 Aspecto	No depende de ninguna exigencia.	

Así mismo, se comprueba que en el caso hipotético de **exposición severa** determinada en los datos de partida será necesaria la **resistencia a ciclos de humectación/secado y a la erosión**. En base a lo mostrado, se deduce que la falta de revestimiento y de varios ensayos señalados dificulta el cumplimiento de la normativa.

Por otro lado, si se indican los NET de la resistencia mecánica y la adherencia con valor 1, la exigencia de **requisito estructural** no será cumplimentada correctamente. De igual manera, sucede si existe **riesgo de microorganismos** y no se ha determinado la falta de materia orgánica en la producción. Por último, si en los datos de partida se indica que no se analiza el mortero y se desconocen los datos del agua utilizada en la producción, no se cumple la **exigencia del agua como constituyente**.

Tercer caso. Modificación de criterios sobre los Requisitos constructivos.

En este caso, de todas las opciones posibles a revisar con la herramienta, se modificarán los NET referidos a 2 criterios del proyecto: **aspectos estructurales** y **la existencia de revestimiento**. Se ha escogido estas dos opciones dado que entre todas las opciones posibles, se entiende que podrían ser las más comunes. Además, tal y como se vio en el apartado 3.5 y 3.6 el uso o no de revestimiento puede condicionar considerablemente a las condiciones mínimas constructivas de salubridad según la normativa y los aspectos estructurales, a la decisión de muro portante con BT siendo hoja principal. Se analizará si las recomendaciones marcadas se ajustan con los GI obtenidos.

1- Se proponen **modificaciones estructurales** donde no se garantice la transmisión correcta de las cargas o que el espesor proyectado no sea el adecuado. Además, existirán elementos que disminuyen la capacidad portante del muro como instalaciones que lo atraviesen de manera no adecuada. La volumetría es irregular y por último, los huecos poseen unas dimensiones mayores a las recomendadas para la construcción con tierra. Esta situación se determina de la siguiente manera en los NET (tabla 52):

Tabla 52. NET del caso con modificaciones estructurales en los requisitos constructivos. Fuente: Elaboración propia.

C-RC Requisitos constructivos	C-RC-S Seguridad	C-RC-S-001.1 Transmisión de las cargas	2,00
		C-RC-S-001.2 Transmisión al terreno	3,00
		C-RC-S-001.3 Capacidad portante	2,00
		C-RC-S-001.4 Configuración espacial	2,00
		C-RC-S-001.5 Configuración de los huecos	2,00
	C-RC-H 001 Habitabilidad	C-RC-S-002.1 Seguridad en caso de incendios	3,00
		C-RC-S-003.1 Estado de las lesiones existentes	3,00
		C-RC-H-001.1 Higiene, salud y protección del medio ambiente.	3,00
		C-RC-H-001.2 Aislamiento acústico	3,00
		C-RC-H-001.3 Comportamiento térmico	3,00

En base a los NET modificados, se obtienen los siguientes GI (tabla 53):

Tabla 53. GI para el caso de la Tabla 52. Fuente: Elaboración propia.

Bloques de estudio	Cimentación	Base del muro	Huecos en el muro - dintel	Huecos en el muro - jambas	Huecos en el muro - alféizar	Acabados- interior	Acabados- exterior	Instalación de recursos técnicos	Coronación del muro
RC	0,00	2,55	2,44	2,46	2,50	2,71	2,53	2,60	2,58
AE	0,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00

Como puede observarse en la tabla 53 se consiguen resultados de GI medios en los ámbitos del huevo, en el acabado exterior, en los recursos técnicos y en la coronación del muro. Si se analizan todas las recomendaciones marcadas en el capítulo 5 se extraen e indican algunas soluciones relacionadas con las hipótesis marcadas⁸⁹.

- o General. Estudiar la posición de las cargas y la forma del edificio.
- o Huecos. Revisar las dimensiones o aportar refuerzos donde sea necesario.
- o Acabados. Estas situaciones provocan fisuraciones en los revestimientos exteriores por lo que se propone la colocación de juntas en posibles puntos de fisuración.
- o Recursos técnicos / Instalaciones. Estudiar la posición de los recursos técnicos para garantizar la capacidad portante del muro. Situar los recursos técnicos fuera del muro o colocar bloques especiales.
- o Coronación de muro. Revisar la posición de las cargas del proyecto arquitectónico y estudiar el apoyo de las mismas sobre el muro y proponer sistemas constructivos como por ejemplo vigas que transmitan las cargas.

Si además se aumenta la **irregularidad del edificio**, es posible que no se garantice la continuidad de los materiales, es por ello que el NET para el indicador de C-RC-H-001.2 *Aislamiento acústico* tomaría un valor inferior a 3. En este sentido, los GI con en intervalos bajos son la base del muro, los huecos, los acabados exteriores, recursos técnicos y la coronación (tabla 54).

Tabla 54. GI para los parámetros marcados en el caso hipotético. Elaboración propia.

	Cimentación	Base del muro	Huecos en el muro - dintel	Huecos en el muro - jambas	Huecos en el muro - alféizar	Acabados- interior	Acabados- exterior	Instalación de recursos técnicos	Coronación del muro
RC	0,00	2,45	2,39	2,38	2,43	2,59	2,40	2,50	2,47
AE	0,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00

⁸⁹ En las recomendaciones del capítulo 5 se indican una serie de soluciones. Será necesaria la lectura de la tabla 42 y analizar qué recomendaciones son de aplicación. El resto de las recomendaciones están relacionadas con las acciones externas.

Las recomendaciones generales proponen mejorar el inmueble mediante elementos aislantes o modificar el diseño del inmueble dada la poca viabilidad del sistema.

En base a todo lo expuesto, la modificación de los aspectos estructurales disminuye la viabilidad constructiva del BT significativamente. No obstante, ante tal situación, se ha verificado cómo la herramienta propone recomendaciones adecuadas para solventar dicha disminución.

2-A continuación se propone **un muro sin revestimiento al exterior**. En este caso, se comprueba que los indicadores que modifican el NET por dicha circunstancia en los requisitos constructivos son *C-RC-ES-001 Habitabilidad* y *C-RC-S-002.1 Seguridad en caso de incendios* tomando ambos valor 2. Ambas circunstancias no modifican los valores de los GI en este bloque de estudio ningún ámbito. Si se analiza el resto de indicadores, en el subapartado estructural, el revestimiento no tiene especial relevancia: no afecta a la esbeltez, ni a la transmisión de las cargas, ni a la configuración de los huecos y en el caso de incendios, afectará en la extinción debido al agua y por otro lado, la falta de revestimiento puede ser solventada mediante el aumento del espesor de la hoja. En el caso del subgrupo de la Habitabilidad afectará al comportamiento en salubridad, sin embargo, este hecho valorado y la ponderación en el conjunto del bloque de estudio no supone la disminución de los GI. Será interesante conocer esta misma circunstancia en las Acciones externas para determinar la importancia del uso del revestimiento.

Cuarto caso. Modificación de criterios sobre las Acciones externas.

En este caso, se modificarán los NET referidos a 2 criterios del proyecto: **aspectos referidos a la situación del inmueble en cuanto a lluvia, viento y humedad** y en consecuencia a dicha situación, **la existencia de revestimiento**. Así mismo, se analizará si las recomendaciones marcadas se ajustan con los GI obtenidos.

1- Se propone la modificación de la **localización del inmueble** a una zona pluviométrica tipo III o IV sin protección efectiva (vuelo en la coronación, sin revestimiento o zócalo) o tipo II y zona eólica tipo B o tipo A sin revestimiento. Los NET que disminuyen son el de lluvia y viento a un valor 2. En este caso, los GI obtenidos son los siguientes (tabla 55):

Tabla 55. GI para valores 2 en la lluvia y el viento. Fuente: Elaboración propia.

Bloques de estudio	Cimentación	Base del muro	Huecos en el muro - dintel	Huecos en el muro - jambas	Huecos en el muro - alféizar	Acabados- interior	Acabados- exterior	Instalación de recursos técnicos	Coronación del muro
RC	0,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
AE	0,00	2,52	2,69	2,47	2,47	2,87	2,37	2,69	2,60

Si además, se considera que el entorno posee un **porcentaje de humedad por encima de los 70% con riesgo de congelación** de los poros del BT. En este caso, se ocasionan los siguientes GI (tabla 56):

Tabla 56. GI para NET con valor 2 en la lluvia, viento, temperatura y ambiente. Fuente: Elaboración propia.

Bloques de estudio	Cimentación	Base del muro	Huecos en el muro - dintel	Huecos en el muro - jambas	Huecos en el muro - alféizar	Acabados- interior	Acabados- exterior	Instalación de recursos técnicos	Coronación del muro
RC	0,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
AE	0,00	2,38	2,46	2,27	2,27	2,67	2,21	2,54	2,40

Las recomendaciones propuestas y que se extraen del capítulo 5 para este caso serían:

- o Base del muro. Colocación de elementos que protejan el ámbito como barreras anticapilaridad, zócalos, estabilización de los bloques inferiores, entre otros.
- o Huecos. Colocación de vierteaguas en los alféizares que garantice el discurrir del agua.
- o Acabados. Añadir revestimiento al muro por el exterior.
- o Coronación. Colocación de elementos que eviten el discurrir del agua por el muro.

Según los datos mostrados, **la lluvia y el viento disminuyen considerablemente la idoneidad del BT**. Si además, se añade que el edificio se encuentra en un **entorno húmedo**, este aspecto se aumenta llegando a obtener GI bajos si los NET varían entre 1 y 2.

Tabla 57. GI para NET con valor 2 en todo lo indicado en la tabla 56 y humedad del ambiente. Fuente: Elaboración propia.

Bloques de estudio	Cimentación	Base del muro	Huecos en el muro - dintel	Huecos en el muro - jambas	Huecos en el muro - alféizar	Acabados- interior	Acabados- exterior	Instalación de recursos técnicos	Coronación del muro
RC	0,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
AE	0,00	2,29	2,38	2,20	2,20	2,53	2,11	2,46	2,33

Según las respuestas analizadas del EVC, la idoneidad frente a las situaciones mostradas oscila con el uso del revestimiento. Es decir, la disminución de los NET en cada uno de esos indicadores está relacionada directamente con el uso del revestimiento. Es por ello, que el uso del revestimiento repercute en mayor medida a la respuesta del edificio ante las acciones externas que en los requisitos constructivos.

Quinto caso. Modificación del producto por ladrillo cerámico.

Además, se propone la modificación del producto a un ladrillo cerámico utilizado en la herramienta para conocer qué indicadores no podrían ser evaluados. En primer lugar, se establece una comparativa en la **calidad del producto**. Se evaluará qué ensayos y normativa se determinan para cada producto y qué indicadores no podrían ser determinados (tabla 58).

Tabla 58. Comparativo entre BT y ladrillo Cerámico en la calidad del producto. Fuente: Elaboración propia.

Indicador	Bloque de tierra	Ladrillo cerámico
C-CA-AF-001 Densidad	Determinación del ensayo según UNE-EN 772-13:2001 para todas las tipos de fábricas.	
C-CA-AF-002 Resistencia mecánica	Determinación del ensayo según UNE-EN 772-1:2002 para todas las tipos de fábricas.	
C-CA-AF-003 Resistencia a ciclos de humectación/secado	Ensayo específico para BTC en la UNE 41410:2008. Para adobe y BTE sería posible su utilización.	No se determina ninguna norma UNE.
C-CA-AF-004 Resistencia a la erosión	Ensayo erosión acelerada SAET específico para BTC.	No se ha encontrado ninguna norma al respecto.
C-CA-AF-005 Absorción de agua por capilaridad	Según UNE-EN 772-11:2001 (Anulada por UNE-EN 772-11:2011).	Determinación de la absorción de agua. UNE 67027:1984 Ensayo de succión: UNE 67031:1985 UNE-EN 772-11:2011 para piezas de arcilla cocida también.
C-CA-AF-006 Resistencia a ciclos de hielo/deshielo	Para el BTC no se estipula un ensayo pero sí, tipo de fábricas en la UNE 41410:2008.	Ensayo de heladicidad: UNE 67028:1997 EX
C-CA-AF-007 Propiedades térmicas del producto	UNE-EN 1745:2002 para ambos productos (anulada por UNE-EN 1745:2013).	
C-CA-AF-008 Permeabilidad al vapor de agua	UNE-EN ISO 12572 para los productos y materiales del edificio. Por lo que vale para ambos productos.	
C-CA-AF-009 Adherencia	UNE EN 998-2:2004 (UNE EN 998-2:2012). Mortero de albañilería. UNE-EN 1052-3:2003. Resistencia inicial a cortante. Resistencia del mortero con UNE EN 1015-11:2000. Todos los ensayos son para fábricas de albañilería por lo que sería para ambos igual.	
C-CA-AQ-001 Características de los constituyentes - Estabilizantes	Según los sulfatos: UNE-EN 772-5:2002 (anulada por UNE-EN 772-5:2016) aunque esta es para arcilla cocida, pero lo indica la UNE 41410:2008.	Contenido de sales solubles: UNE-EN 772-5:2016

C-CA-AQ-002 El agua como constituyente	CTE DB SE-F determina la clase de exposición en función de las mismas determinaciones de agua que la UNE 41410:2008.	
C-CA-AQ-003 Reacción al fuego	Igual para ambos productos. UNE-EN 13501-1	
C-CA-AG-001 Dimensiones y tolerancias	UNE 41410:2008.	UNE-EN 772-16:2001
C-CA-AG-002 Aspecto		

En base a lo expuesto, el bloque de Calidad del producto en ambos productos no sería determinante si se hace referencia únicamente a la información disponible sobre las características. En cambio, si hace referencia a las normativas tenidas en cuenta en los distintos ensayos, los resultados no serían tan evidentes dadas las distintas normativas que los rigen en algunos casos.

A continuación, se propone una comparativa entre los productos en el bloque de **Requisitos constructivos**. Se pretende conocer posibles diferencias entre los productos y si la herramienta verifica que el producto evaluado no es BT (tabla 59).

Tabla 59. Comparativo BT y ladrillo cerámico en los requisitos constructivos. Fuente: Elaboración propia.

Indicador	Bloque de tierra	Ladrillo cerámico
C-RC-S-001.1 Transmisión de las cargas	Se aplicaría igual en los productos.	
C-RC-S-001.2 Transmisión al terreno	La definición de los NET se basa en el BT.	En la transmisión al terreno no se podría indicar qué NET sería dado que hay indicaciones referidas al BT.
C-RC-S-001.3 Capacidad portante	La definición de los NET se basa en el BT.	Con respecto a la capacidad portante no se podría indicar el NET dado ya que los niveles describen situaciones específicas del BT.
C-RC-S-001.4 Configuración espacial	Se aplicaría igual en los productos.	
C-RC-S-001.5 Configuración de los huecos	Las dimensiones mostradas en este indicador son referentes a la construcción con tierra.	No se podría aplicar para el ladrillo cerámico.
C-RC-S-002.1 Seguridad en caso de incendios	Con respecto al tema de las fibras no se podría comparar entre un producto y otro.	No se podría aplicar para el ladrillo cerámico.
C-RC-S-003.1 Estado de las lesiones existentes	Se aplicaría igual en los productos.	
C-RC-H-001.1 Higiene, salud y protección del medio ambiente. Salubridad	La definición de los NET se basa en el BT.	En el caso de la absorción de agua por capilaridad es el mismo ensayo. En el caso de las fibras no se podría señalar el NET dado que son especificaciones del BT.
C-RC-H-001.2 Aislamiento acústico	Las indicaciones sobre la densidad son referentes al BT.	Algunos criterios de este indicador son posibles en el ladrillo cerámico.
C-RC-H-001.3 Comportamiento térmico	Se hace referencia al BT sobre las adiciones posible no incluidas en el ladrillo cerámico.	No se podría determinar.

En el bloque de estudio comparado, se muestran diferencias que evidenciarían que la herramienta no puede ser aplicada para otro producto. Por último, los análisis efectuados con anterioridad se repetirán en el bloque de **Acciones externas** (tabla 60).

Tabla 60. Comparativo BT y ladrillo cerámico en las acciones externas. Fuente: Elaboración propia.

Indicador	Bloque de tierra	Ladrillo cerámico
C-AE-F-001.1 Lluvia	Aunque la lluvia y el viento no afectarían de igual manera al BTC, adobe, BTE y ladrillo, la definición del indicador sería similar dado que se fundamenta en la localización y en la protección efectiva sobre el producto.	
C-AE-F-001.2 Viento		
C-AE-F-001.3 Temperatura	Congelación afecta de distinta manera tanto al adobe como al BTC y BTE debido a la porosidad.	La densidad es distinta al BT y este se encuentra cocido.
C-AE-F-002.1 Perfil del terreno	Similar.	
C-AE-F-003.1 Sismo	Aunque el sismo no afectaría de igual manera al BTC, adobe, BTE y ladrillo, la definición del indicador sería similar dado que se fundamenta en la localización y en la protección efectiva sobre el producto.	
C-AE-M-001 Uso del espacio	Similar.	
C-AE-Q-001.1 Vegetación, animales y otros.		
C-AE-Q-002.1 Ambiente		
C-AE-Q-003.1 Humedad del terreno	Aunque el ladrillo cerámico tiene mejor comportamiento frente al agua, la humedad del terreno también afectaría y este indicador podría ser tomado de igual manera.	
C-AE-Q-003.2 Humedad del ambiente	Similar.	
C-AE-Q-003.3 Radiación solar		

En el caso de las acciones externas, pueden ser medidas de manera similar a ambos productos dado que depende de la localización mayormente. La diferencia se encuentra en cómo afectan estos agentes a los distintos productos. Para obtener resultados más exhaustivos es necesario un estudio más detallado en el que se tenga en cuenta los valores de los distintos ensayos necesarios.

En este capítulo han sido analizadas varias situaciones tomando como base un caso real donde las soluciones constructivas aportadas obtuvieron un resultado adecuado. A partir de dichas soluciones se disminuyeron los NET en función de varias hipótesis. Los resultados obtenidos han sido contrastados con las recomendaciones desarrolladas en el capítulo 5 comprobándose que las recomendaciones se relacionan con las hipótesis iniciales. En base a ello, se finaliza este capítulo verificando que, es posible determinar los resultados obtenidos en el resto de casos de estudio quedando validada la herramienta.

Capítulo 6

Resultados y discusión del estudio de viabilidad constructiva (EVC)

Una vez validada la herramienta, en este capítulo se exponen los resultados y discusión de los casos de estudio considerados en este trabajo. Además, se muestran las soluciones constructivas desarrolladas basadas en los resultados obtenidos en todo el proceso.

7.1. Consideraciones previas	295
7.2. Análisis de los resultados del EVC	298
7.3. Detalles constructivos y especificaciones	317
7.3.1. Descripción de materiales y sistemas constructivos.....	320
7.3.2. Desarrollo	325

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DEL ESTUDIO DE VIABILIDAD CONSTRUCTIVA (EVC)

Una vez validada la herramienta y comprobado su funcionamiento, en este capítulo se exponen los resultados obtenidos en los casos de estudio y en el desarrollo de soluciones constructivas como soporte del cumplimiento de las exigencias constructivas. Los resultados se estructurarán con el mismo orden seguido en el procedimiento del EVC.

Antes de analizar dichos resultados, se considera oportuno realizar ciertas consideraciones previas para dar respuesta a algunos de los objetivos específicos marcados.

7.1. CONSIDERACIONES PREVIAS

En primer lugar, en los objetivos específicos se estableció la determinación de requisitos constructivos y el desarrollo de indicadores para evaluar la viabilidad constructiva del BT. Esto se ha desarrollado en el capítulo 4. Las **determinaciones constructivas** proporcionan información sobre el producto y aspectos constructivos. Así mismo, se han enfatizado las exigencias a las que está sometido el proyecto arquitectónico. Estas determinaciones podrían ser actualizadas mediante próximos estudios que actualicen los criterios sobre el uso del BT.

A continuación, la **organización de las determinaciones constructivas** según los ámbitos del elemento constructivo permitió desarrollar las recomendaciones constructivas mostradas en el capítulo 5.

Otro objetivo específico se enfocaba hacia la realización de un **inventario de la arquitectura construida con BT en España, de los fabricantes del producto y del resto de agentes de edificación**. Con esta intención ha sido necesario recopilar edificaciones que emplean BT en todo el territorio español para poder desarrollar la misma herramienta de evaluación. Entre ellos se seleccionaron casos de estudio representativos gracias a su importancia, a sus usos y a la facilidad de obtención de la información. Este objetivo específico ha sido desarrollado en el capítulo 3.

En el apartado siguiente, se analizan los resultados obtenidos de la aplicación del EVC a los casos de estudio.

7.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL EVC

A continuación, se muestran los resultados obtenidos por bloques de estudio y se finalizará con la visión global del EVC.

Asignación de los Niveles de Evaluación Técnica (NET)

Calidad del producto⁹⁰

Una vez especificada parte de la **entrada de datos** de los distintos casos de estudio, se establecieron los **NET**. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 61. Todos los casos de estudio están indicados en las columnas de la tabla y en las filas se muestran los indicadores del bloque de estudio de Calidad del producto.

Tabla 61. NET de la calidad del producto entre casos de estudio e indicadores.

Bloque de estudio	Subgrupo	Indicador	Casos de estudio																								
			ALIM-001	ALIM-002	GRA-001	MAL-001	SEV-001	SEV-002	SEV-003	ZAR-001	ZAR-002	HUE-001	BAL-001	BAR-002	GER-001	GER-002	MAD-001	MAD-002	MAD-003	MAD-004	MAD-005	MAD-006	MAD-007	MAD-008	MAD-009	ALI-001	
C-CA Calidad del producto	C-CA-AF Aspectos Físicos	C-CA-AF-001 Densidad	3	3	1	1	3	1	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
		C-CA-AF-002 Resistencia mecánica	3	3	1	1	3	1	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
		C-CA-AF-003 Resistencia a ciclos de	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3
		C-CA-AF-004 Resistencia a la erosión	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3
		C-CA-AF-005 Absorción de agua por capilaridad	3	3	1	1	3	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
		C-CA-AF-006 Resistencia a ciclos de hielo/deshielo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3
		C-CA-AF-007 Propiedades térmicas del producto	3	3	1	1	3	1	1	1	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3
		C-CA-AF-008 Permeabilidad al vapor de	3	3	1	1	3	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
		C-CA-AF-009 Adherencia	3	3	1	1	3	1	1	1	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3
	C-CA-AQ Aspectos Químicos	C-CA-AQ-001 Características de los	3	3	2	2	3	1	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
		C-CA-AQ-002 El agua como constituyente	1	1	2	2	1	1	1	2	1	1	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
		C-CA-AQ-003 Reacción al fuego	3	3	1	1	3	1	1	1	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3
C-CA-AG Aspectos Geométricos	C-CA-AG-001 Dimensiones y tolerancias	3	3	2	2	3	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	C-CA-AG-002 Aspecto	3	3	2	2	3	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
ΣNET			34	34	18	18	34	16	16	20	34	34	42	42	42	42	34	34	34	34	34	34	34	34	34	42	

Como puede observarse en la tabla anterior, estos indicadores muestran una serie de valores que se repiten de manera indistinta. Únicamente en 5 casos de estudio se determina que todos los indicadores obtienen una puntuación de 3 en los NET.

⁹⁰ La **calidad del producto** se define mediante el conjunto de datos sobre los ensayos y características que se obtiene del BT previo del proyecto arquitectónico y las exigencias. Esta información se clasifica como datos no aportados, datos declarados pero no certificados y datos certificados por laboratorio homologado.

Por el contrario, los casos de estudio que han obtenido menor puntuación en los NET han sido GRA-001, MAL-001, SEV-002, SEV-003 y ZAR-001.

De todos los casos de estudio, los de menor puntuación coinciden con inmuebles que no poseían certificación de los ensayos llevados a cabo en el proyecto. De hecho, es necesario agrupar los casos GRA-001, MAL-001 y ZAR-001 frente a los casos SEV-002 y SEV-003 dado que estos dos últimos, prácticamente en su totalidad, no han certificado ningún aspecto del producto.

El resto de casos que coinciden en las valoraciones de los NET, pertenecen a un mismo fabricante y si la DF de cada caso no ha realizado otro ensayo distinto al certificado por el fabricante, los casos de estudio con ese fabricante, coinciden en su valoración. Como ejemplo se agrupan todos los casos de Madrid (MAD-001 a MAD-008) que pertenecen al fabricante P9, los del fabricante P4 (ALM-001, ALM-002, SEV-001, ZAR-002, HUE-001 y MAD-009) o P7 (todos los casos con valoración 3) quienes declaran y certifican en mayor medida las características de sus productos.

Por último en el análisis de la tabla anterior, indicar que la valoración de los NET se relaciona con los resultados obtenidos en el capítulo 3 sobre las encuestas realizadas a los fabricantes. En particular, sobre la aportación de sus fichas técnicas y los ensayos aportados.

Por otro lado a la evaluación de los NET, **se establece un estudio del número de veces que se repite la numeración de los NET** para analizar qué ensayos son los que más se certifican, se declaran o no se realizan.

El cómputo del número de veces que se repite la numeración se muestra en la tabla 62. En ella pueden verse todos los indicadores junto a 3 columnas que corresponden a los NET: la columna de los NET con el N° 3 son los casos de estudio que tienen ensayos certificados, la N° 2, los casos con ensayos declarados y por último, la columna N° 1, son aquellos que no tienen realizados los ensayos.

Tabla 62. Nº de veces que se repiten los NET de calidad del producto. Fuente: Elaboración propia.

Indicadores Calidad del producto	NET		
	3	2	1
C-CA-AF-001 Densidad	21	4	4
C-CA-AF-002 Resistencia mecánica	21	4	4
C-CA-AF-003 Resistencia a ciclos de humectación/secado	14	0	15
C-CA-AF-004 Resistencia a la erosión	14	0	15
C-CA-AF-005 Absorción de agua por capilaridad	21	0	8
C-CA-AF-006 Resistencia a ciclos de hielo/deshielo	14	0	15
C-CA-AF-007 Propiedades térmicas del producto	13	0	16
C-CA-AF-008 Permeabilidad al vapor de agua	21	0	8
C-CA-AF-009 Adherencia	13	0	16
C-CA-AQ-001 Características de los constituyentes -	21	6	2
C-CA-AQ-002 El agua como constituyente	6	6	17
C-CA-AQ-003 Reacción al fuego	13	0	16
C-CA-AG-001 Dimensiones y tolerancias	21	8	0
C-CA-AG-002 Aspecto	21	8	0

La valoración de los indicadores para la Calidad del producto se realiza, de manera general, en los niveles, 3 y 1. En algunos indicadores, es posible observar ciertos valores determinados con nivel 2. A simple vista, la diferencia entre un valor 3 y 1 muestra cómo los fabricantes que realizan los ensayos tratan de certificar sus resultados para que estos sean reconocidos de manera oficial. Sin embargo, los valores obtenidos con nivel 2, únicamente han sido declarados pero no, certificados.

Para poder hacer una comparación entre los distintos indicadores se ha realizado un diagrama de barras porcentual (figura 87) que permite mostrar lo descrito.

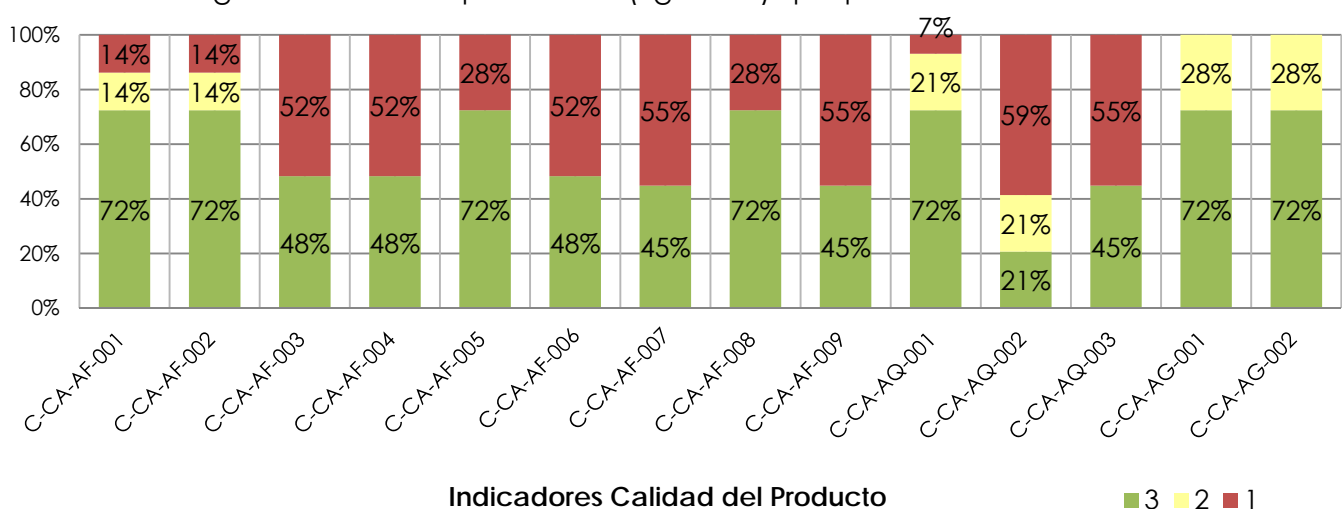


Figura 86. Diagrama de barras porcentual sobre la valoración de los NET en la calidad del producto. Fuente: Elaboración propia.

Esta gráfica muestra los 28 casos analizados como el 100% de la valoración (29 casos de estudio con el caso BAR-001 utilizado para la validación de la herramienta). Los tantos por ciento que se muestran en cada barra corresponden al porcentaje del número de veces que se evalúa cada nivel sobre el total.

Según los datos mostrados, los indicadores con **mayor puntuación de NET** son la densidad, la C-CA-AF-002 Resistencia mecánica, C-CA-AF-005 Absorción de agua por capilaridad, C-CA-AF-008 Permeabilidad al vapor de agua, C-CA-AQ-001 características de los constituyentes, C-CA-AG-001 Dimensiones y C-CA-AG-002 Aspecto. Por el contrario, los indicadores con **menor puntuación de NET** son las C-CA-AF-007 Propiedades térmicas, C-CA-AQ-002 Agua como constituyente, C-CA-AQ-003 Reacción al fuego, C-CA-AF-006 Resistencia a ciclos de hielo/deshielo, C-CA-AF Resistencia a la erosión y C-CA-AF-009 Adherencia.

Los resultados coinciden con las opiniones indicadas por los fabricantes en las encuestas⁹¹ donde indicaban qué ensayos eran los que menos se realizan. La razón de que dichos ensayos no fueran realizados con mayor abundancia se debe al coste de su ejecución.

Requisitos constructivos

En el siguiente bloque de estudio se analizan los requisitos constructivos para cada caso de estudio⁹². Al igual que en la calidad del producto, en la tabla 63 se contabiliza el número de veces que se designa cada NET para cada indicador⁹³ de la misma manera que ha sido mostrado en el bloque anterior.

Tabla 63. Nº de veces que se repiten los NET. Fuente: Elaboración propia.

Indicadores Requisitos Constructivos	NET		
	3	2	1
C-RC-S-001.1 Transmisión de las cargas a la cimentación	28	1	0
C-RC-S-001.2 Transmisión al terreno	28	0	1
C-RC-S-001.3 Capacidad portante	26	3	0
C-RC-S-001.4 Configuración espacial	24	5	0
C-RC-S-001.5 Configuración de los huecos	25	4	0
C-RC-S-002.1 Seguridad en caso de incendios	13	16	0
C-RC-S-002.2 Estado de las lesiones existentes	29	0	0
C-RC-H-001.1 Higiene, salud y protección del medio ambiente	7	21	1
C-RC-H-001.2 Aislamiento acústico	17	12	0
C-RC-H-001.3 Aislamiento térmico	22	7	0

⁹¹ Apartado 3.4.2.

⁹² En el bloque de los requisitos constructivos se estudia la idoneidad de las soluciones aportadas basadas en la seguridad y la habitabilidad definida en la LOE.

⁹³ Para revisar qué corresponde cada número, es necesaria la lectura del apartado 5.4.3.

Tal y como se muestra en la tabla anterior el nivel de cumplimiento de los indicadores oscila entre los niveles 2 y 3. Únicamente dos casos de estudio han sido evaluados con valor 1 en los requisitos constructivos. De modo general, estos resultados indican una mejor viabilidad de este estudio al bloque de la calidad del producto.

Así mismo, es posible mostrar los resultados obtenidos a través de porcentajes que los clarifican. En la gráfica se muestran los 28 casos para cada indicador siendo dicho número el 100%, tal y como se indicó en la gráfica de la Calidad del producto (figura 88).

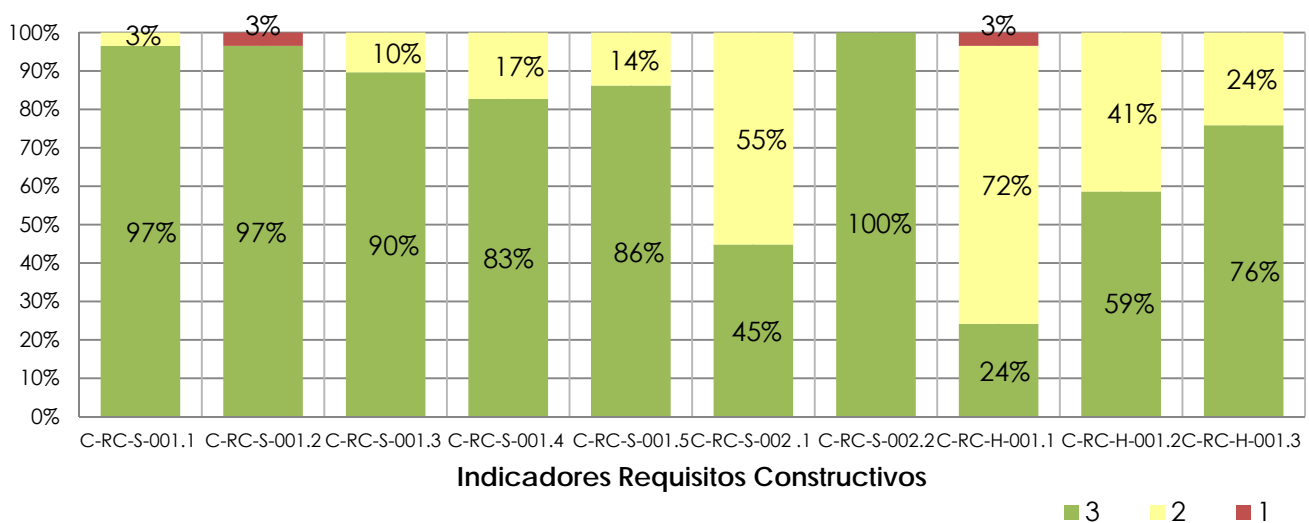


Figura 87. Diagrama de barras porcentual de la evaluación de los NET en los Requisitos constructivos. Fuente: Elaboración propia.

Es posible identificar a simple vista, cuáles son **los indicadores que predominan con bajos NET** determinados por el técnico. De manera general, el indicador *C-RC-H-001.1 Higiene, salud y protección del medio ambiente (Nivel 3 - 24%; nivel 2- 72%; nivel 1-0%)* tiende a ser uno de los indicadores con menor puntuación, esto es debido a la alta exigencia descrita en cada nivel de este.

Este indicador se basa en criterios de salubridad como por ejemplo el posible cumplimiento de la normativa, la aportación de ciertos ensayos o condiciones constructivas mínimas cuya indefinición generen riesgos en la salubridad y confort del edificio. Si estos criterios no pueden ser confirmados por el proyecto, el NET será bajo o de valor 1.

Le siguen otros indicadores como *C-RC-S-002.1 Seguridad en caso de incendios* y *C-RC-ES-002 Capacidad acústica*. En el caso de la capacidad acústica, la conti-

nidad de los elementos es fundamental para el correcto funcionamiento, así como la definición de la densidad y el producto elegido. En este sentido, aunque la densidad del producto sea la idónea, la continuidad de los elementos impide mejor puntuación.

En cambio, las transmisiones de las cargas, enlace con la cimentación y capacidad portante son los indicadores más favorables: *C-RC-S-001.1 Transmisión de las cargas*, *C-RC-S-001.2 Transmisión al terreno* y *C-RC-S-001.3 Capacidad portante*. Se entiende que dichos indicadores muestran una tendencia sobre el conocimiento estructural o limitaciones del BT por parte de los técnicos. **Los proyectistas son conscientes de la limitación en la esbeltez y la configuración espacial del inmueble para el correcto funcionamiento del mismo.**

Los datos extraídos son relevantes dado que confirman los resultados obtenidos en el capítulo 3⁹⁴ sobre el cumplimiento de las exigencias mínimas en cuanto al producto y la definición de los detalles constructivos sobre aspectos estructurales. Mediante la definición de las exigencias mínimas se hacía constar que era la seguridad estructural la más valorada.

Acciones externas

Por último para la asignación de los NET, se presentan los resultados obtenidos para las acciones externas. En la siguiente tabla se muestra el nº de veces que se repite cada NET en los indicadores⁹⁵ (tabla 64).

Tabla 64. NET en las acciones externas. Fuente: Elaboración propia.

Indicadores Acciones externas	NET		
	3	2	1
C-AE-F-001.1 Lluvia	23	6	0
C-AE-F-001.2 Viento	16	13	0
C-AE-F-001.3 Temperatura	15	14	0
C-AE-F-002.1 Perfil del terreno	26	2	1
C-AE-F-003.1 Sismo	16	11	2
C-AE-M-001 Uso del espacio por animales, personas...	25	4	0
C-AE-Q-001.1 Agentes biológicos	21	7	1
C-AE-Q-002.1 Tipo de ambiente	22	7	0
C-AE-Q-003.1 Humedad del terreno	26	2	1
C-AE-Q-003.2 Humedad del ambiente	19	10	0
C-AE-Q-003.3 Radiación solar	29	0	0

⁹⁴ Apartado 3.4.2.

⁹⁵ Para revisar qué corresponde cada número, es necesaria la lectura del apartado 5.4.3.

En este bloque de estudio, los NET varían entre 3 y 2. De hecho, tal y como se observa en la tabla anterior, únicamente en 4 casos de estudio, el valor de los NET es 1. Sin embargo, los valores de **los NET se reparten de manera algo más equitativa** entre los niveles 2 y 3 en comparación al bloque de estudio de los requisitos constructivos. Estas apreciaciones se muestran en la figura 88.

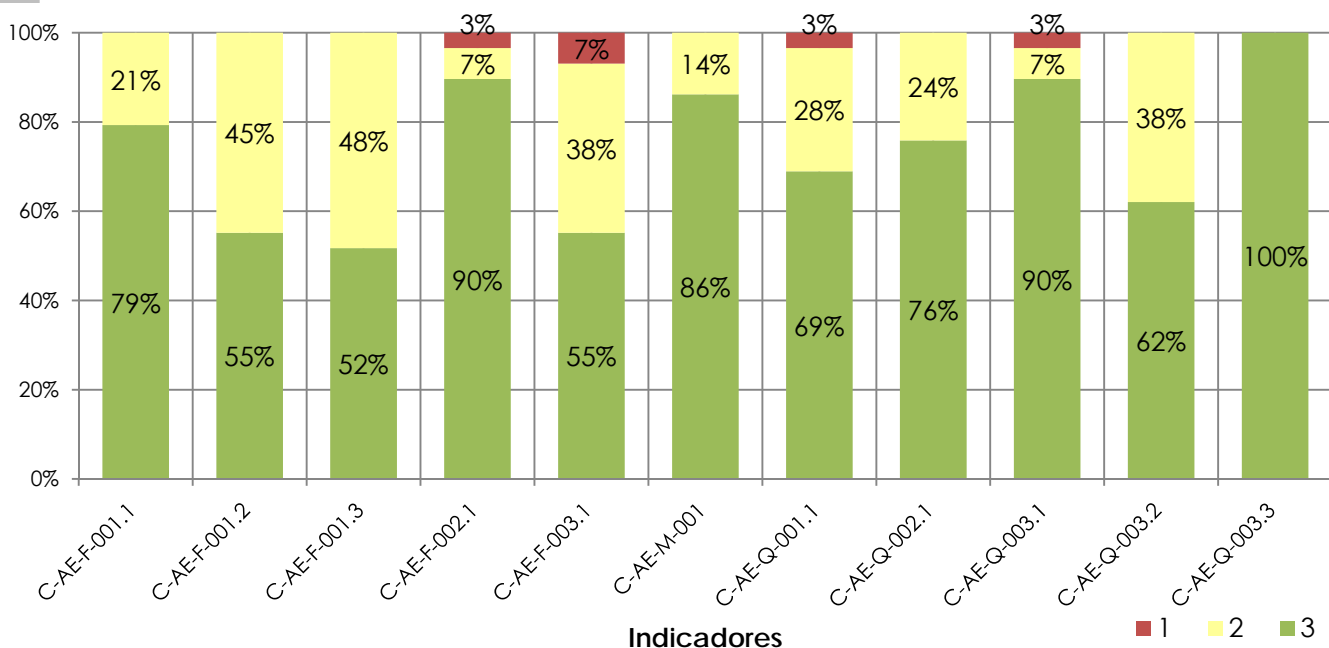


Figura 88. Diagrama de barras porcentual de la evaluación de los NET en las acciones externas. Fuente: Elaboración propia.

Algunos de los **indicadores más favorables** en las acciones externas en cuanto a NET son los indicadores C-AE-Q-002.1 *Perfil de terreno* y el C-AE-M-001.1 *Uso del espacio por animales, personas, etc.* En el caso del perfil del terreno se debe a que la mayoría de los inmuebles analizados se encuentran en zonas de morfología plana.

Por otro lado, el uso del espacio colindante de los inmuebles estudiados suele ser residencial por lo que se entiende que la erosión del muro será menor.

Por el contrario, **los más desfavorables** han sido C-AE-F-001.2 *Viento*, C-AE-F-001.3 *Temperatura*⁹⁶ y C-AE-F-003.1 *Sismo*.

⁹⁶ Los datos reflejados se basan en los casos de estudio utilizados para la elaboración del EVC. No ha sido posible la extracción de datos de todos los puntos geográficos de España, ni de los más significativos. Al no ser un producto muy extendido por la geografía, se ha tomado una muestra de lo existente. Es por ello, que el uso predominante son los inmuebles residenciales. Esto hace que mu-

En el caso del viento, esta valoración se debe a la posición de los inmuebles en las distintas zonas eólicas (tipo A, B o C) y al uso de revestimiento o no. Algunos de los casos de estudio sitúan el BT al exterior y sin revestimiento, así como otros que están localizados en la zona eólica B. Esto hace que su valoración sea 2. Igualmente, ocurre en el indicador del sismo y la temperatura con respecto a la localización y las soluciones constructivas adoptadas para ello.

Una vez estudiados los NET de los 3 bloques de estudio se distingue cómo **el bloque de estudios de los requisitos constructivos muestra mejores resultados que los otros dos**. En este sentido, la calidad del producto dependerá, generalmente, de los fabricantes y los datos que aporten a la DF destacando, en la actualidad, varios ensayos que aún deben ser promovidos para aumentar la viabilidad.

Por otro lado, con respecto a las acciones externas, se muestra una leve disminución de la valoración frente a los requisitos constructivos. Para mejorar la valoración de los NET deberán ser tenidos en cuenta otras soluciones constructivas alternativas que solventen el empeoramiento de la valoración paralelamente a la localización.

A continuación, se expone **la evaluación completa** realizada a los casos de estudio en la primera y segunda evaluación:

1º Evaluación⁹⁷

A continuación se muestran los resultados preliminares para todos los casos de estudio agrupados por comunidades autónomas y para cada bloque de estudio (tabla 65).

La última columna determina si el caso de estudio ha obtenido resultados adecuados o, por el contrario, es necesaria la 2º evaluación⁹⁸.

chos indicadores no hay podido tener mayor oscilación de la que se muestra. Sería interesante realizar hipótesis que se encuentren en distintos puntos estratégicos, pero para la elaboración del EVC era necesario que fueran modelos reales.

⁹⁷ En esta **evaluación** se considera un valor medio basado en los grados de idoneidad obtenidos en los distintos ámbitos que se comparan al valor determinado como posible límite de idoneidad. Este procedimiento se describe en el capítulo 5.

⁹⁸ Como ya se explicó en el capítulo 5, esto se indica con el color verde o rojo.

Tabla 65. Resultados de la 1ª Evaluación para todos los casos de estudio. Fuente: Elaboración propia.

Código de los casos de estudio	Bloques de estudio			Resultados
	C-CA Calidad del producto	C-RC Requisitos constructivos	C-AE Acciones externas	
Andalucía				
ALM-001	2,52	2,83	2,80	3
ALM-002	2,52	2,40	2,49	1
GRA-001	1,27	2,56	2,52	1
MAL-001	1,28	2,11	1,81	1
SEV-001	2,52	2,83	2,87	3
SEV-002	1,16	2,60	2,87	1
SEV-003	1,17	2,69	2,50	1
Aragón				
ZAR-001	1,42	2,72	2,92	1
ZAR-002	2,52	2,72	2,72	3
HUE-001	2,52	2,83	2,72	3
Baleares				
BAL-001	3,00	3,00	3,00	3
Castilla y León				
PAL-001	1,41	2,82	2,52	1
PAL-002	1,43	2,73	2,93	1
PAL-003	1,43	3,00	2,84	1
SEG-001	2,70	2,81	2,66	3
Cataluña				
BAR-002	3,00	2,80	2,70	3
GER-001	3,00	2,93	2,71	3
GER-002	3,00	2,75	2,70	3
Madrid				
MAD-001	2,44	2,78	2,63	3
MAD-002	2,45	2,68	2,34	1
MAD-003	2,45	2,68	2,34	1
MAD-004	2,45	2,68	2,34	1
MAD-005	2,45	2,62	2,31	1
MAD-006	2,45	2,91	3,00	3
MAD-007	2,45	2,68	2,79	3
MAD-008	2,44	2,81	2,39	1
MAD-009	2,52	2,70	3,00	3
Comunidad Valenciana				
ALI-001	3,00	3,00	3,00	3

En la tabla anterior se observa que son pocos los modelos que no superan el valor límite establecido en los requisitos constructivos. De hecho, los valores obtenidos para los Requisitos constructivos muestran mejores resultados en comparación con los otros dos bloques.

El bloque mejor puntuado es el de los requisitos constructivos, seguido del de acciones externas y de calidad del producto, ambos con un 28% de casos con valores por debajo del valor límite. Estos resultados se relacionan con los NET introducidos en los datos de partida, por lo que, evidentemente, son semejantes.

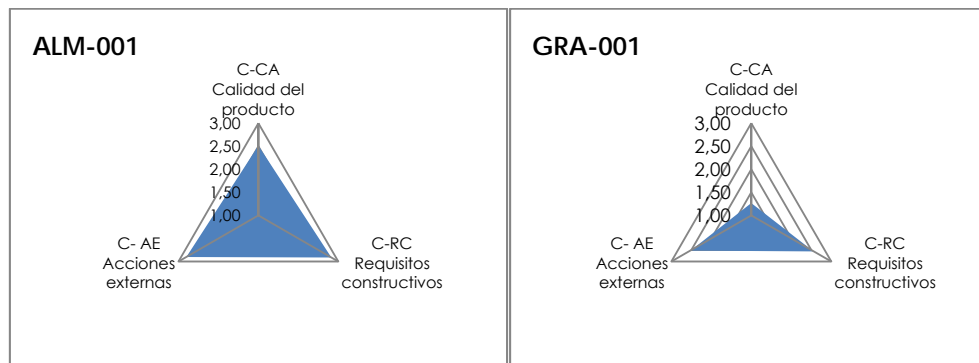
Los resultados de la calidad del producto se corresponden con modelos que han obtenido sus productos a través de la producción in situ o una fabricación ocasional del producto (SEV-002, SEV-003 o ZAR-001). Esto ocasiona que los ensayos sean menos frecuentes y su valoración de los NET se corresponda con un valor 1.

Cabe indicar que **el hecho de que no se haya certificado el producto no determina que no se conozcan las características del mismo**. Estas puedan ser declaradas pero no certificadas o conocidas por la experiencia en otros inmuebles.

En total de los casos de estudio, un 46 % no supera alguno de los bloques de estudio indicados en la herramienta. Uno de ellos, MAL-001 no supera ninguno de los bloques, otro, no supera dos bloques (SEV-003) y el resto, 11 casos de estudio, no superan un bloque.

Algunos casos se relacionan entre sí, como por ejemplo PAL-001, PAL-002, PAL-003 y PAL-004 que no superan el valor límite de la calidad del producto. Esto es debido a que los 3 casos pertenecen al mismo fabricante. Así mismo, con respecto a las acciones externas, 4 casos de la comunidad de Madrid obtienen un valor parecido. Esto se debe a que estas desarrollan sus soluciones constructivas de manera similar y en la misma localización.

Para poder establecer comparaciones entre los distintos casos podrán utilizarse mapas triangulares que ofrecen una visión resumida de la 1ª evaluación. De dichos gráficos es posible extraer el área de los mismos pudiendo ordenar los gráficos en función del área obtenida.



El mayor área corresponde con ALM-001 (3,16) y el de menor, GRA-001 (1,55). El resto de los casos de estudio serán mostrados en el anexo C junto con el orden obtenido en función del área.

Al igual que en la tabla, en las gráficas triangulares se marca una mayor puntuación en los Requisitos Constructivos, a continuación las acciones externas y la Calidad del producto. También es posible determinar qué casos de estudio determinan mejores resultados en la 1ª evaluación. En este caso BAL-001, ALI-001, GER-001, BAR-002 y GER-002.

Esta primera evaluación permite obtener los resultados preliminares sobre los casos de estudio y categorizar las siguientes casuísticas:

- El primer caso se produce cuando todos los valores medios del GI han sido **adecuados** (por encima del valor límite, señalizados en verde en la gráfica). Esta opción se ha dado en 14 casos de estudio que supone un 50% de los casos totales. Estos casos de estudio se corresponden con **casos** que han definido, casi en su totalidad, los ensayos necesarios para las exigencias determinadas en proyecto y han definido de manera adecuada las soluciones constructivas. No obstante, aunque en estos casos los resultados son idóneos, se aconseja una revisión en la segunda evaluación.
- Otra opción es que **no se hayan obtenido resultados idóneos en el bloque de estudio de la Calidad del producto y, en cambio, los requisitos constructivos y las acciones externas hayan adquirido resultados por encima de la media**. En esta circunstancia, si la modificación de los criterios sobre el producto es posible, será necesario cuestionarse la opción de complementar los ensayos del producto o modificar el producto para obtener más información del mismo. Será en la segunda evaluación donde se detallen las exigencias no cumplidas. Esta opción ha sido encontrada en 8 casos de estudio que supone un 28% del total de los casos. Estos resultados se corresponden con casos que fueron valorados en el bloque de estudio con NET de valor 1 o 2.
- Otra de las posibilidades que puede presentarse es cuando **los requisitos constructivos o las acciones externas no obtienen resultados adecuados**. Entonces será necesario detallar los grados de idoneidad en la 2ª evaluación en los distintos ámbitos y conocer qué soluciones constructivas pueden ser mejoradas. Esta opción sucede en 8 casos de estudio. En particular, sólo uno de ellos no supera el valor límite en los requisitos constructivos y el resto, no lo hace en las acciones externas. Se corresponde con casos de estudio que deben mejorar alguno de los criterios constructivos determinados en los proyectos. Como por ejemplo, la falta de protección efectiva en el muro (revestimiento, mayormente, zócalos, cornisas, entre otros) o en el caso de MAL-001 que no supera los requisitos constructivos debido a la falta de definición de aspectos estructurales.

En base a los resultados mostrados es posible indicar que los casos de estudio obtienen mejores resultados en el bloque de estudio de los requisitos constructivos.

Sin embargo, en los otros dos bloques será necesario estudiar los ensayos a realizar, las exigencias que no se solventan y la adecuación de las soluciones constructivas de los proyectos ante las localizaciones de los inmuebles.

2º Evaluación

A continuación, se analizan detalladamente cada bloque, indicador y ámbito. La 2º evaluación corresponde con los casos de estudio que no han superado los valores límites determinados para cada bloque y en los que es posible modificar sus criterios. Así mismo, es posible conocer detalladamente los grados de idoneidad del resto de casos de estudio para profundizar o mejorar algunos aspectos aunque el valor de cada bloque haya sido adecuado.

En la tabla 66 se indican todos los resultados obtenidos para la 2º evaluación en el caso de la **Calidad del producto**. En las filas de la tabla, se muestran los indicadores y las exigencias que le corresponden⁹⁹. En las columnas se posicionan todos los casos de estudio y como resultado, si las exigencias han sido cumplimentadas o no por medio del color verde o rojo respectivamente.

Tabla 66. Resultados de las exigencias solventadas en la 2º Evaluación para el bloque de estudio de la Calidad del producto. Fuente: Elaboración propia.

2º Evaluación. Calidad del producto		Casos de estudio																											
Indicadores	Exigencia	ALM-001	ALM-002	GRA-001	MAL-001	SEV-001	SEV-002	SEV-003	ZAR-001	ZAR-002	HUE-001	BAL-001	PAL-001	PAL-002	PAL-003	SEG-001	BAR-002	GER-001	GER-002	MAD-001	MAD-002	MAD-003	MAD-004	MAD-005	MAD-006	MAD-007	MAD-008	MAD-009	ALL-001
C-CA-AF-001	Densidad <i>Exigencias acústicas</i>	3	3	1	1	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
C-CA-AF-002	Resistencia mecánica <i>Requisitos estructurales</i>	3	3	3	1	3	1	3	1	3	3	3	3	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
C-CA-AF-003	Resistencia a ciclos de humectación/secado <i>Exposición severa</i>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
C-CA-AF-004	Resistencia a la erosión <i>Exposición severa</i>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
C-CA-AF-005	Absorción de agua por capilaridad <i>Exteriores con cara vista</i>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
C-CA-AF-006	Resistencia a ciclos de hielodehielo <i>Si está revestido no hace falta que se haga</i>	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
C-CA-AF-007	Propiedades térmicas del producto <i>Exigencias térmicas</i>	3	3	1	1	3	3	1	1	3	3	3	3	1	1	1	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	3
C-CA-AF-008	Permeabilidad al vapor de agua <i>Paramentos exteriores</i>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
C-CA-AF-009	Adherencia <i>Requisitos estructurales</i>	3	3	3	1	3	1	3	1	3	3	3	3	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
C-CA-AQ-001	Características de los coarbitrantes <i>Presencia de microorganismos</i>	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
C-CA-AQ-002	El agua como coarbitrante <i>En caso de falta de datos, será necesario analizar el mortero</i>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
C-CA-AQ-003	Reacción al fuego <i>Requisitos de resistencia al fuego</i>	3	3	1	1	3	1	1	1	3	3	3	3	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

De los 28 casos de estudio analizados, 12 de ellos han cumplido con todas las exigencias marcadas en la norma UNE 41410:2008 (esto supone un 42% del total de casos).

⁹⁹ Esta afirmación se describe en el apartado 5.2. Entrada de datos.

En este bloque de estudio se indicó que era necesario **consultar la 2º evaluación aunque los resultados en la primera evaluación fueran óptimos**. Esto se debe a que la 1º evaluación es estimativa y basada en la media de los GI y no será hasta la 2º evaluación donde se analice en detalle qué exigencias son solventadas con los ensayos determinados. En base a ello, se reseñan los casos de estudio MAD-002 a MAD-008 que obtuvieron un resultado adecuado en la 1º evaluación, sin embargo en la 2º evaluación han obtenido una exigencia no solventada, la exigencia térmica. Esto evidencia que no será hasta la 2º evaluación donde se conocerá con exactitud la viabilidad en la Calidad del producto.

Las **exigencias que menos se solventan** para estos casos de estudio son la *reacción al fuego*, los *requisitos estructurales* y los *térmicos*. Si se comparan estos resultados con las opiniones realizadas por los fabricantes, la reacción al fuego y las exigencias térmicas corresponden con dos de las exigencias que menos han sido ensayadas (apartado 3.4.2). Sin embargo, en el caso de los requisitos estructurales, aunque la demanda del ensayo sobre la resistencia mecánica del BT es elevada, dado que la resistencia del mortero no se ha ensayado en los casos de estudio, la exigencia estructural no es solventada en su totalidad.

Una vez conocidas las exigencias que son solventadas en los casos de estudio, es interesante conocer, en particular, si es necesaria la **realización de todos los ensayos**. Para ello, en la tabla siguiente (tabla 67) se muestran las 5 categorías establecidas en el apartado 3.6¹⁰⁰ y que ahora se exponen según el nivel de cumplimiento de sus resultados.

Para cada categoría se elige uno o varios casos de estudio representativos. A su vez, a cada una se le identifica con su tipo de solución constructiva en el muro (números del 1 al 5).

En la tabla, en primer lugar se muestra la categoría o tipo establecidas, a continuación el caso de estudio que describe. Cada caso se divide en dos columnas: La primera indica los resultados de las exigencias (si esta ha sido solventada o no) y la segunda, los valores NET de los distintos indicadores.

¹⁰⁰ Podrían suceder más casos de los expuestos en este trabajo. Para el cumplimiento de la normativa será necesario conocer las características del BT, su posición y las características del proyecto.

Tabla 67. Comparativa entre los NET y los resultados de las exigencias. Exigencias con NET. Calidad del producto.

Tipos	Casos de estudio														
	1		1		2		3		4		5		5		
	BAL-001		MAD-001		GRA-001		SEV-003		MAD-005		ALM-001		SEV-002		
Bloque de caso de estudio. Indicadores	Exigencias		2º nivel	NET	2º nivel	NET	2º nivel	NET	2º nivel	NET	2º nivel	NET	2º nivel	NET	
C-CA-AF-001 Densidad	Exigencias acústicas.		3	3	3	3	1	1	1	1	3	3	3	3	1
C-CA-AF-002 Resistencia mecánica	Requisitos estructurales		3	3	3	3	3	1	3	1	3	3	3	3	1
C-CA-AF-003 Resistencia a ciclos de humectación/secado	Exposición severa		3	3	3	3	3	1	3	1	3	3	3	1	3
C-CA-AF-004 Resistencia a la erosión	Exposición severa		3	3	3	3	3	1	3	1	3	3	3	1	3
C-CA-AF-005 Absorción de agua por capilaridad	Exteriores con cara vista		3	3	3	3	3	1	3	1	3	3	3	3	1
C-CA-AF-006 Resistencia a ciclos de hielo/deshielo	Si está revestido no hace falta que se haga		3	3	3	3	1	1	3	1	3	3	3	1	3
C-CA-AF-007 Propiedades térmicas del producto	Exigencias térmicas		3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	3	3	1
C-CA-AF-008 Permeabilidad al vapor de agua	Paramentos exteriores		3	3	3	3	3	1	3	1	3	3	3	3	1
C-CA-AF-009 Adherencia	Requisitos estructurales		3	3	3	1	3	1	3	1	3	1	3	3	1
C-CA-AQ-001 Características de los constituyentes	Presencia de microorganismos		3	3	3	3	3	2	3	1	3	3	3	3	1
C-CA-AQ-002 El agua	En caso de falta de datos, será necesario analizar el mortero		3	3	3	1	3	2	3	1	3	1	3	1	3
C-CA-AQ-003 Reacción al fuego	Requisitos de resistencia al fuego		3	3	3	1	1	1	1	1	3	1	3	3	1

A simple vista se puede observar cómo hay NET que no se cumplen (rojo), es decir ensayos no certificado, pero su correspondiente 2ª evaluación es positiva (verde).

Si se analiza cada tipo de muro establecido se obtienen cuáles son las exigencias y ensayos necesarios, así como la relación con los resultados obtenido:

Tipo 1. Fábrica ejecutada con BT, colocada en el **interior** de varias capas, sin revestimiento y para uso residencial.

Este tipo de situación se muestra en dos casos de estudio. En uno de ellos se han realizado todos los ensayos posibles, por lo que evidentemente, las exigencias han sido solventadas en su totalidad. Sin embargo, en el segundo caso, 4 indicadores obtuvieron un NET con valor 1 y todas las exigencias fueron solventadas. Esto es debido a que al ser fábricas interiores no es de aplicación la exigencia de *parámetro exterior*, pero sí la exigencia de *cara vista* por la falta de revestimiento.

En el uso residencial privado, si además es aislado, es necesario estudiar si la exigencia *acústica* y *térmica* son de aplicación. También será importante conocer si la fábrica es portante o no, ya que sí serán de aplicación las exigencias *estructurales* y de *fuego*.

En base a los datos mostrados y el cumplimiento de las exigencias, en definitiva, la posición del BT en este tipo de muro facilita el cumplimiento de la normativa a excepción de la cara vista¹⁰¹.

Tipo 2. Fábrica ejecutada con BT, colocada en el **interior** de varias capas, sin revestimiento y otro uso que no sea residencial.

Este tipo es un leve variante del anterior, ya que son de aplicación otras exigencias como las *acústicas* y *térmicas*.

Por el contrario, las exigencias *estructurales* y al *fuego* serán de aplicación si el muro es portante. Tal y como puede observarse en la tabla anterior, el caso de estudio mostrado no posee ningún ensayo más que la declaración de dos de ellos. No obstante, dada la posición del BT en el muro, no son de aplicación algunas de las exigencias como las de *Parámetro exterior* o *exposición severa*.

Por lo tanto, este tipo de solución constructiva posee cierta dificultad añadida que el tipo anterior (tipo 1), aunque por la posición del BT en el interior sigue siendo una solución viable.

Tipo 3. Fábrica ejecutada con BT, colocada en el **interior** de varias capas, con revestimiento y otro uso cualquiera.

Debido a que la fábrica se encuentra revestida y situada en el interior del cerramiento, según lo establecido con anterioridad, se facilita aún más el cumplimiento de la normativa ya que no es necesaria la aplicación de *cara vista* ni *parámetro exterior*. Sin embargo, es importante conocer si la fábrica es portante o no, ya que si lo es, son de aplicación las exigencias

¹⁰¹ Esta matización sobre el cumplimiento de la exigencia del BT como cara vista en el interior será considerada o no por el técnico.

estructurales. Así mismo, será necesario comprobar la necesidad de exigencia acústica y térmica en función de la posición del muro y el uso.

El caso que se muestra en la tabla corresponde a un uso administrativo y se sitúa en medianera. Esto provoca que sea de aplicación las exigencias *acústicas, térmicas y al fuego*. Dado que no se realizan dichos ensayos, las exigencias no son solventadas.

Tipo 4. Fábrica ejecutada con BT, colocada en el **exterior** de varias capas, sin revestimiento y otro uso cualquiera.

Para este tipo de fábrica, es de aplicación la exigencia de *parámetro exterior y cara vista* dada la posición del BT y la falta de revestimiento, independientemente, de las exigencias acústicas y térmicas según el uso. Si el BT es portante será de aplicación los requisitos estructurales y al fuego. Todo ello dificulta el cumplimiento de la normativa dado que el volumen de exigencias es mayor. El caso mostrado en la tabla anterior (MAD-005) ha obtenido la certificación de gran parte de sus ensayos a excepción de los térmicos.

Tipo 5. Fábrica ejecutada como **hoja principal** con BT, con revestimiento en ambas caras y cualquier uso del inmueble.

Para este caso es necesario el cumplimiento de las exigencias *estructurales, al fuego, parámetro exterior y cara vista* (si no posee revestimiento). Habrá que estudiar también si son necesarias las exigencias acústicas y térmicas. Los dos casos que se muestran como tipo 5 indican dos situaciones distintas. La primera de ellas (ALM-001) no realiza la totalidad de los ensayos pero sí los suficientes para el cumplimiento de las exigencias del proyecto. En contraposición, el segundo caso no realiza ningún ensayo sobre el producto. Por lo que no se solventa ninguna exigencia.

Mediante esta 2º evaluación en la Calidad del producto, el técnico podrá tomar la decisión de continuar con el producto seleccionado, completar los ensayos necesarios en función de las exigencias o, por el contrario, desechar dicha opción.

Por todo lo expuesto, se puede afirmar que **no siempre son necesarios todos los ensayos sobre el BT para superar las necesidades del proyecto arquitectónico**. Se

ha comprobado como algunos casos de estudio no han desarrollado todos los ensayos especificados en la UNE 41410:2008. Sin embargo, estos estaban sujetos a varias exigencias según el caso. Dado que las exigencias están relacionadas con los ensayos realizados, si alguna exigencia no es de cumplimiento, el ensayo no será necesario.

A continuación, en las tablas 68 y 69 se muestran los resultados y estos se exponen en 2 filas [RC (Requisitos Constructivos) y AE (Acciones externas)] en relación con los ámbitos del elemento constructivo.

Las cifras junto con las tonalidades muestran los GI para los requisitos constructivos y las acciones externas.

Tabla 68. Grados de idoneidad de los casos de estudio. 1º parte. Fuente: Elaboración propia.

		Cimentación	Base del muro	Huecos en el muro - dintel	Huecos en el muro - jambas	Huecos en el muro - alféizar	Acabados-interior	Acabados-exterior	Instalación de recursos técnicos	Coronación del muro
ALM-001	RC	0,00	2,80	2,83	2,85	2,87	2,71	2,87	2,85	2,84
	AE	0,00	2,86	2,77	2,80	2,80	2,80	2,84	2,77	2,80
ALM-002	RC	0,00	2,70	2,61	2,54	2,67	2,59	2,67	2,80	2,63
	AE	0,00	2,48	2,31	2,40	2,60	2,60	2,68	2,46	2,40
GRA-001	RC	0,00	2,60	0,00	0,00	0,00	2,35	0,00	2,65	2,63
	AE	0,00	2,62	0,00	0,00	0,00	2,40	0,00	2,54	2,53
MAL-001	RC	2,00	2,15	2,08	2,12	2,17	2,18	0,00	2,05	2,16
	AE	1,67	1,86	1,69	1,87	1,87	1,73	0,00	1,77	2,00
SEV-001	RC	0,00	2,80	2,83	2,85	2,87	2,71	2,87	2,85	2,84
	AE	0,00	2,90	2,85	2,87	2,87	2,87	2,89	2,85	2,87
SEV-002	RC	0,00	2,60	2,67	2,62	2,60	2,47	2,53	2,70	2,63
	AE	0,00	2,90	2,85	2,87	2,87	2,87	2,89	2,85	2,87
SEV-003	RC	0,00	2,70	2,78	2,69	2,67	2,53	0,00	2,75	2,74
	AE	0,00	2,62	2,38	2,47	2,47	2,33	0,00	2,62	2,60
ZAR-001	RC	0,00	2,65	2,67	2,77	2,80	2,65	2,80	2,75	2,68
	AE	0,00	2,90	2,92	2,93	2,93	2,93	2,84	2,92	2,93
ZAR-002	RC	0,00	2,70	2,78	2,77	2,73	2,59	2,73	2,75	2,74
	AE	0,00	2,76	2,69	2,73	2,73	2,73	2,68	2,69	2,73
HUE-001	RC	0,00	2,80	2,83	2,85	2,87	2,71	2,87	2,85	2,84
	AE	0,00	2,76	2,69	2,73	2,73	2,73	2,68	2,69	2,73
BAL-001	RC	0,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	0,00	3,00	3,00
	AE	0,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	0,00	3,00	3,00
PAL-001	RC	0,00	2,80	2,89	2,85	2,80	2,76	2,80	2,85	2,84
	AE	0,00	2,48	2,62	2,40	2,40	2,80	2,32	2,62	2,53
PAL-002	RC	0,00	2,70	2,78	2,77	2,80	2,59	0,00	2,75	2,74
	AE	0,00	2,90	2,92	2,93	2,93	2,93	0,00	2,92	2,93
PAL-003	RC	0,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	0,00	3,00	3,00
	AE	0,00	2,81	2,85	2,87	2,87	2,80	0,00	2,85	2,87

Tabla 69. Grados de idoneidad para los casos de estudio. Fuente: Elaboración propia.

		Cimentación	Base del muro	Huecos en el muro - dintel	Huecos en el muro - jambas	Huecos en el muro - alféizar	Acabados-interior	Acabados-exterior	Instalación de recursos técnicos	Coronación del muro
SEG-001	RC	0,00	2,80	0,00	0,00	0,00	2,76	0,00	2,85	2,84
	AE	0,00	2,57	0,00	0,00	0,00	2,73	0,00	2,62	2,73
BAR-002	RC	0,00	2,80	2,83	2,77	2,73	2,76	2,73	2,90	2,84
	AE	0,00	2,71	2,69	2,73	2,73	2,67	2,63	2,69	2,73
GER-001	RC	0,00	2,90	2,94	2,92	2,93	2,88	0,00	2,95	2,95
	AE	0,00	2,71	2,69	2,73	2,73	2,67	0,00	2,69	2,73
GER-002	RC	0,00	2,85	2,72	2,62	2,60	2,82	2,67	2,85	2,84
	AE	0,00	2,71	2,69	2,73	2,73	2,67	2,63	2,69	2,73
		Cimentación	Base del muro	Huecos en el muro - dintel	Huecos en el muro - jambas	Huecos en el muro - alféizar	Acabados-interior	Acabados-exterior	Instalación de recursos técnicos	Coronación del muro
MAD-001	RC	0,00	2,80	2,78	2,77	2,80	2,59	0,00	2,85	2,84
	AE	0,00	2,71	2,54	2,60	2,60	2,47	0,00	2,77	2,73
MAD-002	RC	0,00	2,70	0,00	0,00	0,00	2,47	2,73	2,75	2,74
	AE	0,00	2,29	0,00	0,00	0,00	2,47	2,16	2,46	2,33
MAD-003	RC	0,00	2,70	0,00	0,00	0,00	2,47	2,73	2,75	2,74
	AE	0,00	2,29	0,00	0,00	0,00	2,47	2,16	2,46	2,33
MAD-004	RC	0,00	2,70	0,00	0,00	0,00	2,47	2,73	2,75	2,74
	AE	0,00	2,29	0,00	0,00	0,00	2,47	2,16	2,46	2,33
MAD-005	RC	0,00	2,60	0,00	0,00	0,00	0,00	2,60	2,65	2,63
	AE	0,00	2,29	0,00	0,00	0,00	0,00	2,16	2,46	2,33
MAD-006	RC	0,00	2,90	0,00	0,00	0,00	0,00	2,93	2,90	2,89
	AE	0,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	3,00	3,00
MAD-007	RC	0,00	2,70	0,00	0,00	0,00	2,53	2,67	2,75	2,74
	AE	0,00	2,81	0,00	0,00	0,00	2,67	2,84	2,85	2,80
MAD-008	RC	0,00	2,80	2,83	2,85	2,87	2,71	2,80	2,80	2,79
	AE	0,00	2,33	2,46	2,27	2,27	2,67	2,21	2,54	2,40
MAD-009	RC	0,00	2,70	2,61	2,62	2,67	2,76	2,73	2,75	2,74
	AE	0,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
ALI-001	RC	0,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
	AE	0,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00

A simple vista, en las tablas anteriores, dado que todas las tonalidades son verdes, los grados de idoneidad obtenidos son adecuados.

En primer lugar, según los resultados de las tablas 68 y 69, se señala cómo algunos ámbitos del muro no son analizados. Es decir, su tonalidad es gris. Esto es debido a que esos **ámbitos no serán de aplicación en la herramienta**. Se destaca que el uso

de la cimentación¹⁰² únicamente se ha dado en MAL-001. El resto de casos de estudio apuestan por una cimentación realizada por hormigón. No obstante, tal y como se indicó en el capítulo 4 (Determinaciones constructivas), el uso del BTC en la cimentación es posible bajo unas exigencias estrictas. A continuación de la cimentación, se destaca el hueco como ámbito menos analizado y el acabado exterior. En el caso del hueco, se trata de casos de estudio que no poseen ningún hueco en su definición y en el caso del acabado exterior, en BT situados en la hoja interior del muro. De manera excepcional, no se aplica la herramienta sobre el acabado interior dada la composición en varias hojas del muro y la posición exterior del BT.

De todos los casos de estudio analizados, destaca por su **baja viabilidad** el caso MAL-001. En particular, las soluciones constructivas desarrolladas en el mismo hacen que, la evaluación sea negativa. Por el contrario, otros casos de estudio como BAR-002 o GER-002 han obtenido un buen resultado. Es interesante señalar cómo algunos casos de estudio (PAL-002 y PAL-003) obtuvieron una baja viabilidad en el bloque de la calidad del producto y por el contrario, en los requisitos constructivos y acciones externas, el resultado es adecuado. Esto se debe a que se trata de proyectos adecuadamente definidos pero con falta de definición en los productos utilizados. En contraposición, otro caso de estudio (ALM-002) se encontraba idóneamente definido en cuanto a calidad del producto frente a los GI medios obtenidos en las acciones externas.

En base a los resultados de cada caso de estudio, **el técnico debe decidir en base a los resultados obtenidos**. En caso de grados de idoneidad bajos, será necesario cuestionarse si dichos criterios pueden ser modificados para proponer actuaciones de mejora.

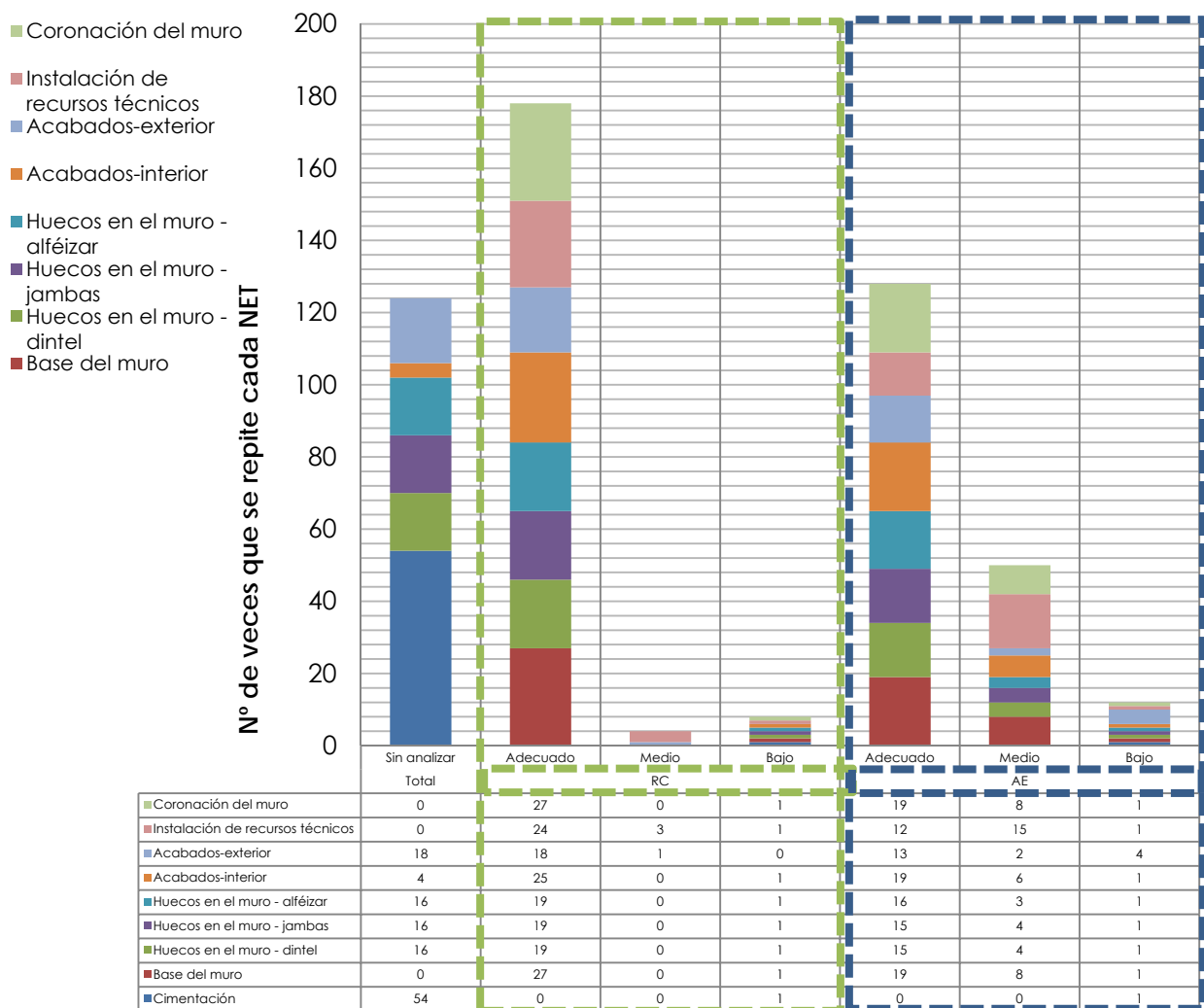
Tal y como adelantaba la 1ª evaluación, los grados de idoneidad en el bloque de estudio de los **requisitos constructivos han obtenido un alto grado de idoneidad**, a excepción de dos casos de estudio (ALM-002 y SEV-002). Sin embargo, con respecto a las acciones externas, la lectura es distinta. Los resultados obtenidos en las acciones externas se agrupan en 4 casos. En primer lugar, los casos de estudio que

¹⁰² Se ha determinado respetar la cimentación como parte del ámbito analizado dado que, desde el inicio de la investigación, se pretendía analizar un ámbito completo. La falta de casos de estudio con cimentación en BT no ha eliminado del proceso la definición de la cimentación como parte del ámbito. Es por ello, que será relevante el análisis y ampliación de los casos de estudio en esta parte.

han obtenido un GI adecuado en todos los ámbitos con alguno GI medio (57% de los casos), los que obtienen ciertos ámbitos con GI medio (25%), los casos que obtienen GI medio con algún ámbito bajo (15%) y el que tiene todos los ámbitos con GI bajo (3,57%). **Los datos obtenidos sitúan el uso del BT con un alto porcentaje de viabilidad en los requisitos constructivos y acciones externas.** De hecho, los GI medios serán mejorados con las recomendaciones realizadas, por lo que aumentará la viabilidad.

Por otro lado, es importante **conocer cuál es la trascendencia de cada GI por ámbitos del elemento constructivo.** En la tabla siguiente (tabla 70) se muestra el nº de veces que se repite y que no se analizan en cada GI según los ámbitos. El eje horizontal muestra cada GI y el eje vertical el reparto porcentual de los ámbitos.

Tabla 70. Nº de veces que se obtienen los grados de idoneidad para los distintos ámbitos de trabajo.



Tal y como se observa en la tabla anterior, el GI que más se repite son los GI adecuado seguido de los ámbitos sin analizar. La diferencia de resultados en el caso de los requisitos constructivos es bastante evidente. Los GI adecuados sobrepasan los resultados obtenidos por los GI medios y bajos. Sin embargo, en las acciones externas dicha afirmación no es tan evidente.

En cada ámbito debe ser tenido en cuenta que muchos de ellos no han sido analizados en la herramienta debido a que no existen en los casos de estudio. Por tanto, **la comparación entre los distintos ámbitos no es tan directa**. Es por ello que se analizarán los GI medios y bajos obtenidos para esclarecer las razones que han llevado a dicho resultado. En los GI bajos muestra el acabado exterior en las acciones externas y que se haya obtenido un GI bajo en todos los requisitos constructivos a excepción de un ámbito. En este último se debe al caso de estudio MAL-001 que ha obtenido esos resultados en todos sus ámbitos por sí solo. Con respecto al acabado exterior, coincide con los 4 casos de la Comunidad de Madrid donde no se han llevado a cabo los revestimientos en sus muros.

Con respecto a los GI medios se indica el ámbito de la instalación de los recursos técnicos (instalaciones) por encima del resto en ambos bloques. En los requisitos constructivos se debe a la falta de definición de los mismos en el paso por el muro. Si se recuerda en el capítulo 3, la falta de definición en los proyectos arquitectónicos sobre dicho ámbito era evidente. Se confirma, por tanto, dicha afirmación. Además, se destaca, el acabado interior que coincide con los usos distintos al residencial y la inexistencia del mismo, la base del muro o la coronación del muro por la falta de protección efectiva a las acciones externas o la posición incorrecta de la lámina impermeabilizante.

Así mismo, en base a todo lo expuesto, será posible determinar qué soluciones constructivas pueden ser adecuadas para la viabilidad del uso del BT en la construcción anterior.

7.3. DETALLES CONSTRUCTIVOS Y ESPECIFICACIONES

En este apartado se hace una propuesta de detalles constructivos que muestran algunas soluciones adecuadas para el uso del BT y sus posibles cumplimientos de normativa.

Con el desarrollo de las determinaciones constructivas se propusieron recomendaciones prácticas para la correcta definición de las distintas soluciones y servir como mejoras a los resultados obtenidos en el EVC. Por otro lado, de la valoración obtenida en el EVC de los casos de estudio se han definido aspectos adecuados de la construcción del BT: posición del BT en la composición del muro, qué tipo de soluciones son más propensas al cumplimiento de la normativa, qué ensayos son más determinantes, entre otros. En base a ello, es posible determinar soluciones constructivas acordes con las determinaciones constructivas y los resultados adecuados obtenidos en el EVC. Además, los detalles que se desarrollan se relacionan con las soluciones comunes adecuadas empleadas en los casos de estudio, la casuística agrupada en el capítulo 3 y analizada en los apartados anteriores de este capítulo. Esta casuística se refiere a los ámbitos del muro.

Del análisis de las soluciones constructivas más comunes (capítulo 3) se extraen las descripciones constructivas más empleadas que se exponen en la tabla 71. Dichas soluciones han formado parte del EVC, por lo que mediante el análisis de su viabilidad han servido como base para esta investigación.

Tabla 71. Soluciones constructivas comunes empleadas en los casos de estudio

Ámbitos del muro	Solución constructivas comunes
Composición del muro	Una capa de elevado espesor compuesto por dos hiladas aparejadas. El BT como capa interior del cerramiento compuesto por varias capas. Muro entramado con madera y BT en su interior. Muro trombe.
Cimentación	No se dan soluciones constructivas realizadas con BT para la cimentación. Son muy frecuentes los sobrecimientos de piedra y mortero de cal.
Base del muro	Se elevan los BT del suelo para evitar la subida de agua capilar. Se colocan barreras impermeabilizantes bajo los BT y se utilizan BT estabilizados en la base.
Huecos	Se utilizan dinteles de madera, hormigón o elaborados con los propios BT colocados en arco.
Acabados	Revestimientos de mortero de cal y, en ocasiones, con aditivos que mejoren su capacidad aislante. En algunas ocasiones, se muestran muros de BT sin revestimiento al interior.
Recursos técnicos	No se definen las soluciones constructivas referidas al paso de las instalaciones por los muros de BT en casi ningún proyecto. Se atraviesan los muros con piezas especiales o circulan por el acabado.
Coronación	Apoyo directo de las vigas sobre el muro.

Por lo tanto, las soluciones constructivas que se proponen se ciñen a los siguientes ámbitos constructivos: **composición de la fachada, cimentación, base del muro, huecos e instalación de recursos técnicos**¹⁰³. La denominación de las soluciones y su clasificación está relacionada con cada uno de los ámbitos y las distintas posiciones de los productos (tabla 72). Estos se denominan de la siguiente manera:

Tabla 72. Denominación de los detalles constructivos. Fuente: Elaboración propia.

Ámbito	Denominación	Subámbito	Denominación
Cimentación	C		
Base del muro	BM	Apoyo directo	BM-AD
		Sobrecimentación	BM-S
Huecos	H	Alféizar	H-A
		Jambas	H-J
		Dintel	H-D
Recursos Técnicos	RT		

La denominación de letras de cada detalle constructivo va precedida de una numeración obteniéndose una combinación alfanumérica. Ejemplo: BM-AD-2 (Base del muro – Apoyo directo – Detalle N° 2)

Cada uno de ellos se describe en una tabla diseñada con el objetivo de facilitar la comprensión de los mismos. Esta tabla se compone de varias partes: el dibujo de la solución constructiva, su descripción, las especificaciones y un apartado de observaciones donde se incluirán aspectos referidos al cumplimiento de la normativa y otros relevantes.

Los elementos constructivos de cada detalle se identifican mediante códigos numéricos que se recogen en la tabla 73:

Tabla 73. Códigos y designaciones de los elementos constructivos de los detalles.

Designación	Código	Designación	Código
Revestimiento	1	Revestimiento exterior	1.1
		Revestimiento interior	1.2
Fábrica tipo 1 ¹⁰⁴	2		
Fábrica tipo 2	3		
Aislamientos y juntas	4	Aislamiento en fachada	4.1

¹⁰³ Los acabados se definirán en cada detalle constructivo. La coronación del muro no ha sido definida entre las soluciones constructivas aportadas dado que es necesario el estudio de la conexión del muro con elementos horizontales o inclinados.

¹⁰⁴ Las fábricas se diferencian para resaltar las que están ejecutadas con BT y las que no lo están.

Cámara de aire	5	Banda perimetral	4.2
Impermeabilización	6	Barrera anticapilaridad	6.1
		Bajo cimentación	6.2
		En hueco	6.3
Carpintería y elementos del hueco	7	Carpintería	7.1
		Dintel	7.2
		Alféizar	7.3
Estructura y cimentación	8	Cimentación – Zapata corrida o aislada	8.1
		Forjado Sanitario	8.2
		Solera	8.3
		Sobrecimentación	8.4
		Vigas	8.5
		Pilares	8.6
Otros	9	Ventilación	9.1
		Hormigón de limpieza	9.2
		Zócalo	9.3
		Terreno compactado (sub-base)	9.4
		Tubo drenante	9.5
		Lámina geotextil	9.6
		Gravas	9.7
		Paso de instalaciones	9.8

Por otro lado, en las especificaciones se muestra el código de cada elemento constructivo junto a una aproximación al espesor, a una descripción, a una propuesta sobre materiales y a otros datos relevantes que definan el objeto, referencias para su especificación y, por último, a las condiciones constructivas que se definen en las normativas. Como ejemplo se muestra la siguiente tabla (tabla 74):

Tabla 74. Ejemplo sobre las especificaciones en los detalles constructivos.

Nº	Espesor	Descripción	Propuestas	Especificación	Condiciones CTE DB
1	>1,5 cm	Revestimiento exterior	Sin revestimiento Revestimiento con revoco sin aditivos Revestimiento con revoco con aditivos*2	Ej.: CS III-W1	HS Fachadas R1-R2-R3

7.3.1. DESCRIPCIÓN DE MATERIALES Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

Previo a los detalles, se propone una descripción de alguno de los sistemas constructivos como aclaración a referencias generales y que sirvan como ejemplo: tipos de productos, designación de los mismos u otros aspectos que no se traten en las tablas de los detalles constructivos (apartado 7.3.2). Se aconseja que los productos propuestos cumplan criterios ecológicos basados en ecoetiquetas de tipo I, II o III¹⁰⁵. El orden seguido en la explicación de los materiales se corresponde con el orden realizado en la tabla 73.

1) Revestimientos

Para los revestimientos se aconseja el uso de la cal dado que la cal es el conglomerante más adecuado en estos casos. Para ello, es necesario conocer que según la UNE- EN 459-1:2011, se designan como CL / DL (dolomítica) para la cal aérea (para acabados interiores), NHL para la cal hidráulica natural (para exteriores), SPL para la cal en pasta (acabado interior). Es importante reseñar que se desaconseja el uso del mortero de cemento.

La denominación de los morteros se realizará según la UNE-EN 998-1:2003/AC: 2006.- *Especificaciones de los morteros para albañilería. Parte 1: Morteros para revoco y enlucido*. Los revestimientos se designan según la resistencia a compresión (CS), absorción de agua (W) y la conductividad térmica (T) y se seleccionan en función de la condición del CTE DB HS 1 Fachadas, entre otros. Los morteros monocapas se designan como OC.

En los detalles constructivos se proponen las designaciones de los morteros¹⁰⁶ en base a la normativa vigente (tabla 75):

¹⁰⁵ Los productos indicados con ecoetiqueta han sido seleccionados de bases de datos como por ejemplo: Agenda de la construcción sostenible (<http://www.csostenible.net>) y se muestran en el anexo C.

¹⁰⁶ La propuesta se basa en la designación del mortero según la norma UNE EN 998-1 mostrado en la Asociación nacional de fabricantes de mortero.

Tabla 75. Designación de los morteros en función de las prestaciones según el CTE HS-1. Fuente: Asociación nacional de fabricantes de mortero. España.

Condición fachada según CTE	Prestación según CTE DB HS-1	Designación según UNE EN 998-1
Resistencia a la filtración del revestimiento exterior		
R1	Resistencia media a filtración. Espesor entre 10-15 mm.	CS III W1-CS IV W1
R2	Resistencia alta a la filtración	CS III W1-CS IV W1
R3	Resistencia muy alta a la filtración	CS III W2-CS IV W2
Resistencia a la filtración del revestimiento intermedio en la cara interior de la hoja principal		
N1	Revestimiento de resistencia media a la filtración. Espesor= 10 mm	CS III W1-CS IV W1
N2	Revestimiento de resistencia alta a la filtración. Espesor= 15 mm	CS III W2-CS IV W2

Los revestimientos pueden ser sin aditivos o con aditivos entre los que se encuentran: fibras, colorantes, fijadores (silicato, gluten, siloxanos), retenedores de agua, plastificantes (naturales, químicos) que se utilizarán en función de las necesidades del proyecto. Los espesores irán en función del tipo de capa que se realice y el material utilizado.

Las **pinturas** propuestas en este trabajo son las pinturas minerales. Estas pinturas favorecen la transpirabilidad o permeabilidad al vapor de agua y además, existen en el mercado algunos fabricantes que aportan declaraciones ambientales de sus productos siguiendo la UNE 14025 y EN 15804¹⁰⁷.

2) Fábricas tipo 1

En las de tipo 1, se incluyen las fábricas realizadas con productos diferentes al BT. Por ejemplo, ladrillo cerámico que serán los que se dibujen en los detalles constructivos¹⁰⁸.

¹⁰⁷ En el anexo C se muestran algunos ejemplos.

¹⁰⁸ Este tipo de fábrica no serán detalladas respecto a sus características dado que el fin de este trabajo es la definición de las fábricas realizadas con BT.

3) Fábricas tipo 2

Las fábricas tipo 2 son las ejecutadas con BT. Se propone una fábrica de aparejo variable en función de las necesidades del proyecto, tomado con mortero de cal designado como M-5 según la norma UNE EN 998-2 y espesor entre 1,5 y 2 cm.

4) Aislamientos

En la actualidad es posible utilizar varios tipos de aislamientos para preservar una construcción adecuada. Su espesor será en función del cumplimiento del CTE DB HE. Algunos tipos de aislamientos que pueden ser usados en este caso son las fibras de celulosa, fibra de lino termofijado, manta de cáñamo, manta o fieltro de lana oveja, paja, paneles de virutas de madera, lana de vidrio, lana de roca, paneles de corcho natural o triturado, celulosa de papel reciclado proyectado, mantas de algodón, entre otros. La gama de producto es amplia y algunos de ellos poseen certificación ambiental¹⁰⁹.

Por otro lado, CTE DB HE propone una junta perimetral en el borde de las soleras que será indicada en los detalles.

5) Cámaras de aire

Éstas pueden ser ventiladas o no ventiladas, aunque se aconseja que las cámaras de aire sean ventiladas para que se eviten las condensaciones entre las capas del muro. También será necesario estudiar la colocación de barrera de vapor.

6) Impermeabilizantes

La posición de las láminas impermeabilizantes se mostrará en función del CTE DB HS y las necesidades del proyecto arquitectónico. Se aconseja, en la medida de lo posible, que los materiales utilizados sean con etiquetas ecológicas.

7) Carpintería

Tal y como se ha analizado en capítulos anteriores, los huecos constituyen un punto débil de la fachada. En consecuencia, debe ser ejecutado en base a las prescripciones normativas señaladas por el CTE.

¹⁰⁹ Ver Anexo B.

Con respecto a la transmisión de las fuerzas, el **dintel** puede ser ejecutado con varios materiales (hormigón armado, madera, anclajes metálicos, entre otros). Ya se ha visto cómo este debe prolongarse más de 25-50 cm del espacio del hueco. Así mismo, se atenderá a la colocación de materiales aislantes que eviten los puentes térmicos.

El **alféizar** debe garantizar el correcto discurrir del agua mediante una pieza cerámica o algún elemento que impida el acceso del agua hacia el cerramiento. EL CTE DB HS 1 especifica que si la carpintería está retranqueada, la pieza debe tener 10° de pendiente como mínimo y avanzar 2 cm con respecto a la fachada junto a un goterón en su extremo. Se dispondrá así mismo de una lámina impermeabilizante bajo el alféizar (2.3.3.6. *Encuentro de la fachada con la carpintería – CTE DB HS 1*).

En las **jambas** debe garantizarse la correcta unión entre la carpintería y la fachada, para ello, se propone la colocación de elementos que permitan la conexión idónea: piezas de madera, bloques estabilizados que permitan el anclaje (alzado), entre otros. Por otro lado, con respecto a las jambas, el CTE DB HS 1 indica que si el grado de impermeabilidad es igual a 5, debe disponerse una barrera impermeabilizante.

8) Estructura y cimentación

Antes de analizar cada uno de ellos, es necesario conocer qué tipos de cimentaciones son posibles: mediante hormigón armado, BT estabilizado, piedras o tierra estabilizada, entre otros (figura 90).

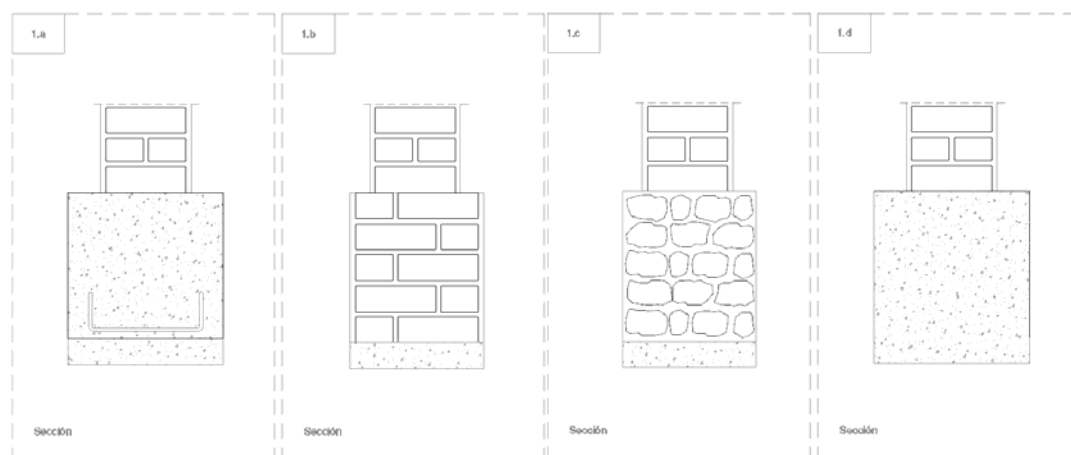


Figura 89. Tipos de cimentación. De izquierda a derecha: hormigón, fábrica, piedras o elemento masivo. Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la estructura y a las fábricas, cada detalle indicará una aproximación a los elementos que son necesarios para el cumplimiento del **CTE DB SE** junto a sus exigencias. Esta normativa no hace referencia a la construcción con tierra por lo que será aún difícil su cumplimiento. En la actualidad, el cumplimiento estructural se ciñe al conocimiento de la resistencia a compresión del BT en el caso de que sea muro de carga tal y como se indicó en el apartado 3.5.

Una característica relevante en la definición de las soluciones constructivas será el cumplimiento del **CTE DB HS 1** que define el grado de impermeabilidad mínimo exigido a las soluciones. Será necesario atender al coeficiente de permeabilidad del terreno y a la presencia de agua (alta, media y baja), que permitirán conocer el grado de impermeabilidad. Las condiciones de la solución constructiva vendrán marcadas por el grado de impermeabilidad y el tipo de suelo (suelo elevado, solera o placa (losa de cimentación o arriostrada)).

Los grados de impermeabilidad 1 y 2 atenderán a soluciones relacionadas con la constitución del suelo (condición C), ventilación bajo la solera (V) y capas drenantes y filtrantes (D1) bajo la solera.

En cambio, cuando el grado de impermeabilidad sea mayor que 3, a excepción del suelo elevado, es necesaria la disposición de lámina impermeabilizante y hormigón de limpieza bajo la cimentación. Así mismo, es necesario tener en cuenta la utilización de tubos drenantes junto a la cimentación (D2-D3).

A partir del grado de impermeabilidad 4 debe encastrarse el borde de la placa o de la solera en el muro (P2) e incluso será necesaria la disposición de acerado en el perímetro en los casos de suelos sin intervención.

Estas condiciones son definidas en cada detalle constructivo por separado con la descripción de los productos utilizados y las posibles mejoras.

Apoyo directo

El apoyo directo del muro sobre la cimentación se puede realizar siempre que se garanticen que no es posible la ascensión capilar del agua, que el muro no estará afectado por los agentes externos que puedan ocasionar lesiones en la base, que no se genere un empuje del sistema constructivo horizontal (solera en los casos dibujados) sobre el muro, entre otros aspectos. Para ello, se prestará especial atención a la colocación de la lámina impermeabilizante, la hoja exterior del ce-

ramiento, la colocación de un elemento que evite el empuje de la solera, una posible conexión entre cerramiento y cimentación, entre otras soluciones.

La lámina impermeabilizante puede colocarse elevada de la cimentación sobre las dos primeras hiladas de la fábrica. Es importante señalar que la posición final de la lámina impermeabilizante está vinculada al cumplimiento de la normativa CTE DB HS 1. Según el apartado 2.3.3.2. *Arranque de la fachada desde la cimentación*, la lámina impermeabilizante debe colocarse 15 cm por encima del suelo exterior.

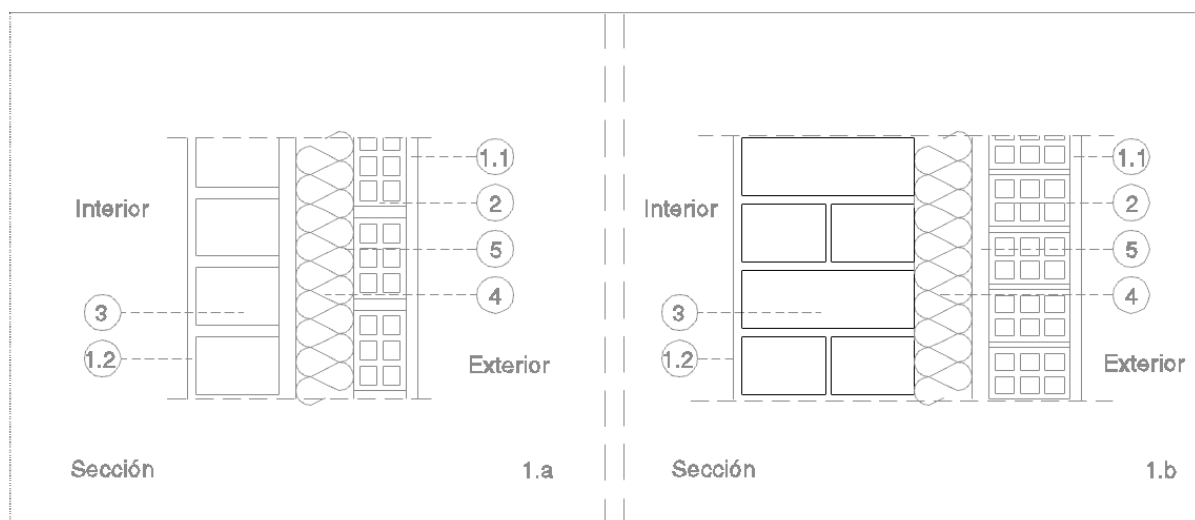
Sobrecimentación

Otra opción posible es la elevación del muro mediante la colocación de una sobrecimentación. Para ello, es posible la utilización de vigas de hormigón armado, piedras, bloques de hormigón, entre otros.

7.3.2. DESARROLLO

CM-1a / CM-1b

Composición del muro con varias capas - Detalle 1a y 1b

**Características:**

- Muros tipo 1, 2 y 3 (BT en el interior) según casuística de composición del muro (apartado 3.6 del capítulo 3).
- Posibles composiciones del muro en función de la situación del aislamiento, espesor de la cámara de aire, ejecución de embarrado, aparejos de las fábricas y la colocación de revestimientos.

Especificaciones

Nº	Espesor	Descripción	Propuestas	Especificación	Condiciones CTE DB
1.1	>1,5 cm	Revestimiento exterior	-Sin revestimiento -Revestimiento con revoco sin aditivos -Revestimiento con revoco con aditivos*2	Ej.: CS III-W1	HS Fachadas R1-R2-R3
2	variable	Fábrica exterior de ladrillo. Tipo 1	-Ladrillo hueco doble colocado a sardinel (Detalle izquierda) -Ladrillo hueco doble colocado a tizón (Detalle derecho)	LHD tomada con mortero M-5	HS Fachadas C1-C2/H/J*3
3	variable	Fábrica. Tipo 2.	Adobe ó BTC Posibilidad de barrera de vapor en cara exterior.	Fábrica con aparejo a soga tomada con mortero de cal.	HS Fachadas C1-C2/H/J*3
4	> 4 cm*1	Aislamiento	No hidrófilo	-	HS Fachadas B1-B2-B3
5	5*1cm	Cámara de aire	Ventilada o no ventilada	-	HS Fachadas B1-B2-B3
1.2	>1,5 cm	Revestimiento interior	Sin revestimiento Revestimiento con revoco	CS II – W0 CS III – W0	

			sin aditivos Revestimiento con revoco con aditivos*2		
--	--	--	--	--	--

*1 Espesor en función de la normativa CTE DB HE.
 *2 Los tipos de aditivos se indican en el apartado 6.3.1.
 *3 En función de qué fábrica sea la hoja principal.

Observaciones:

- Estudiar la posición y espesor del aislamiento en función de la zona climática, los puentes térmicos, las condensaciones que puedan provocarse, entre otros.
- Se aconseja una barrera de vapor en la cara externa de la hoja interior a pesar de que la cámara esté ventilada para evitar humedades de condensación.
- El 2º detalle podría ser utilizado por su capacidad portante.
- Para grosores de hoja mayores de 9 cm y anchura de la cámara mayores de 5 cm, se aconseja la colocación de llaves galvanizadas, acero inoxidable o no ferrosas empotradas en las fábricas, puestas a tresbolillo y con distancias regulares (máx 45 cm en vertical y 75 cm entre llaves situadas en la misma línea) para anclar las fábricas.
- Si se coloca verdugado, aumenta su espesor (detalle 1b).

Aproximación al cumplimiento de la UNE 41410:2008

- Si el BT es **hoja principal** hay que tener especial atención a las exigencias estructurales y al fuego.
- Si el BT está **sin revestimiento** será necesario comprobar la exigencia a cara vista hacia el interior si el uso es distinto al residencial privado.
- Será necesario comprobar la exigencia acústica y térmica en función de la posición del muro en el inmueble (ver CTE).

Aproximación al cumplimiento del CTE

CTE DB HS-1:

- Grado de impermeabilización posible de 1 a 5.
- Esta solución puede ser realizada con o sin revestimiento al exterior o interior y cualquier grado de idoneidad. Será necesario incluir las condiciones necesarias según la normativa.
- Para soluciones constructivas con revestimiento será necesaria la designación del mortero en función de la resistencia media, alta o muy alta (R1, R2 o R3), también si se trata de monocapa o no monocapa, continuo o discontinuos.
- A partir de un grado de idoneidad 3, si no se coloca revestimiento, en la cara interior de la hoja principal es necesario un revestimiento que aporte resistencia a la filtración (Condición B – CTE DB HS 1 Fachadas).

CTE DB HE:

Permite las mejoras de transmitancia térmica debido a las variaciones de posición y espesor de sus capas.

CTE DB SI:

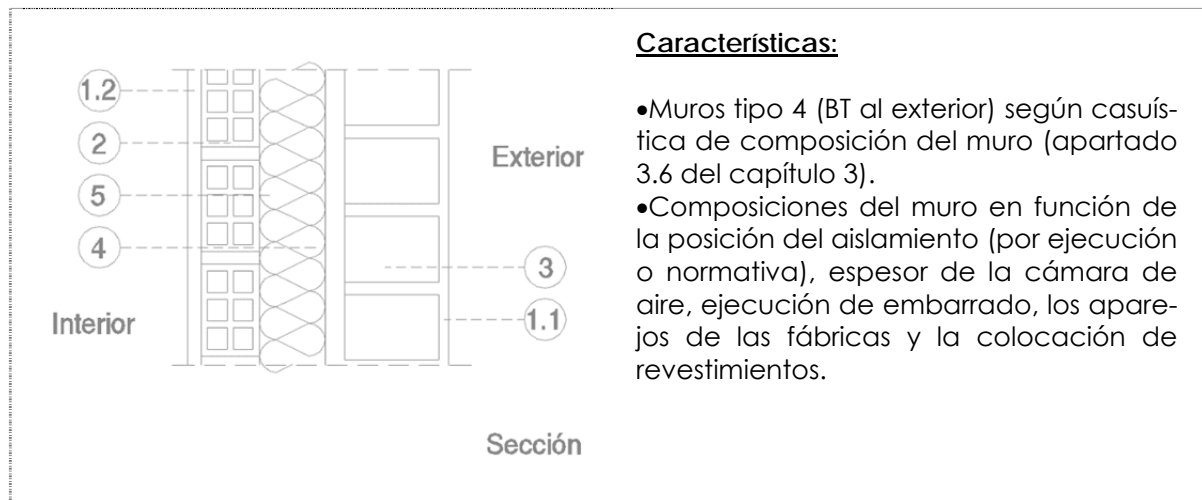
Basa su cumplimiento en el espesor de la fábrica y en el revestimiento que tenga.

CTE DB SE-F:

Definición de la fábrica como capacidad portante. Necesaria la definición de la clase de exposición, la composición, propiedades y comportamiento de los materiales.

CM-2a

Composición del muro con varias capas - Detalle 2ª



Especificaciones

Nº	Espe- sor	Descripción	Propuestas	Especifica- ción	Condicio- nes CTE DB
1	>1,5 cm	Revestimiento exterior	-Sin revestimiento -Revestimiento con revoco sin aditivos -Revestimiento con revoco con aditivos*2	Ej.: CS III-W1	HS Fachadas R1-R2-R3
2	variable	Fábrica de ladrillo exterior. Tipo 1.	-Ladrillo hueco doble colocado a sardinel -Ladrillo hueco doble colocado a tizón	LHD	HS Fachadas C1-C2*3
3	variable	Fábrica. Tipo 2.	Adobe / BTC	A soga tomados con mortero de cal M-5	HS Fachadas C1-C2*3/H/J
4	>4 cm*1	Aislamiento	No hidrófilo	-	HS Fachadas B1-B2-B3
5	5*1cm	Cámara de aire	Ventilada o no ventilada	-	HS Fachadas B1-B2-B3
1.2	>1,5 cm	Revestimiento interior	Sin revestimiento Revestimiento con revoco sin aditivos Revestimiento con revoco con aditivos*2	CS II – W0 CS III – W0	

*1 Espesor en función de la normativa CTE DB HE.

*2 Los tipos de aditivos se indican en las especificaciones generales.

*3 En función de qué fábrica sea la hoja principal.

Observaciones:

-Estudiar la posición del aislamiento en función de los puentes térmicos, las condensaciones que puedan provocarse y de la zona climática, entre otros.

-El BT puede ser colocado como muro verdegado y aumentar su espesor.

-Se aconseja una barrera de vapor en la cara externa de la hoja interior a pesar de que la cámara esté ventilada.

-Para grosores de hoja mayores de 9 cm y anchura de la cámara mayores de 5 cm, se aconseja la colocación de llaves galvanizadas, acero inoxidable o no ferrosas empotradas en las fábricas, puestas a tresbolillo y con distancias regulares (máx 45 cm en vertical y 75 cm entre llaves situadas en la misma línea).

Aproximación al cumplimiento de la UNE 41410:2008

-Si el BT es **hoja principal** hay que tener especial atención a las exigencias estructurales y al fuego.

-Si el BT se coloca **sin revestimiento** hacia el exterior se dificulta el cumplimiento de la normativa dado que será necesario comprobar a exigencia de cara vista y parámetro exterior.

-Será necesario comprobar la exigencia acústica y térmica en función de la posición del muro.

Aproximación al cumplimiento del CTE

CTE DB HS 1:

-Grado de impermeabilización posible de 1 a 5.

-Fachada: Esta solución puede ser realizada con o sin revestimiento al exterior o interior y para cualquier grado de idoneidad. Será necesario incluir las condiciones necesarias según la normativa. Aunque el cumplimiento de las soluciones sin revestimiento se dificultan para grados de idoneidad en los que la condición H (Ensayo a succión) o C (Espesor de la hoja principal) sean necesarias. De las dos condiciones, la Higroscopidad (H) debe ser ensayada y cumplida y el espesor (C) debe ser aumentado para un cumplimiento adecuado.

-Para soluciones constructivas con revestimiento será necesaria la designación del mortero en función de la resistencia media, alta o muy alta (R1, R2 o R3), de si se trata de monocapa o no monocapa, continuo o discontinuos.

-Si no se coloca revestimiento, en la cara interior de la hoja principal es necesario un revestimiento que aporte resistencia a la filtración (Condición B – CTE DB HS 1 Fachadas) a partir de un grado de idoneidad 3.

CTE DB HE:

Permite las mejoras de transmitancia térmica debido a las variaciones de posición y espesor de sus capas.

CTE DB SI:

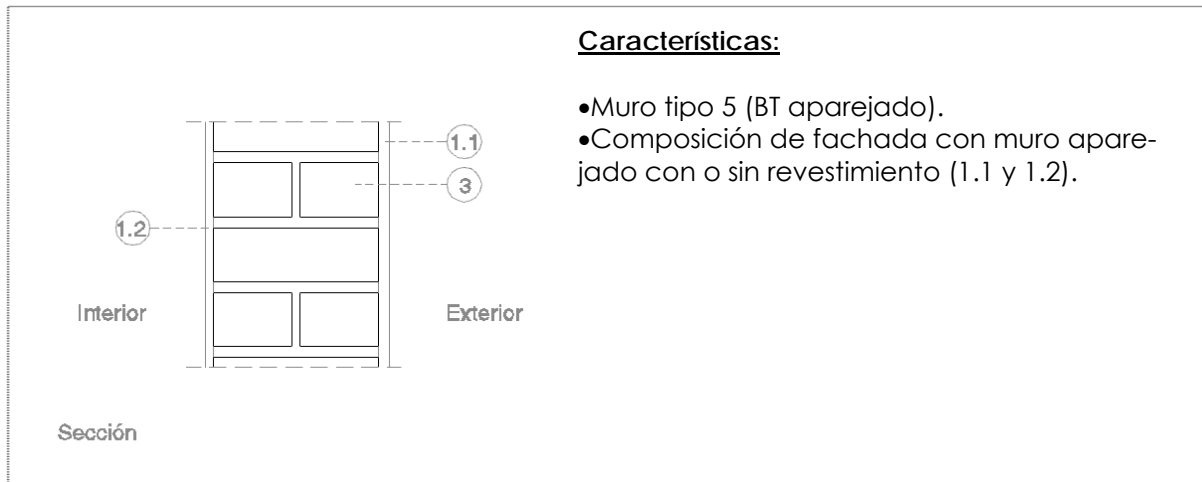
Basa su cumplimiento en el espesor de la fábrica y en el revestimiento que tenga.

CTE DB SE-F:

Definición de la fábrica como capacidad portante. Necesaria la definición de la clase de exposición, la composición, propiedades y comportamiento de los materiales.

CM-3

Composición del muro verdugado - Detalle 3



Características:

- Muro tipo 5 (BT aparejado).
- Composición de fachada con muro aparejado con o sin revestimiento (1.1 y 1.2).

Especificaciones

Nº	Espesor	Descripción	Propuestas	Especificación	Condiciones CTE DB
1.1	>1,5 cm	Revestimiento exterior	Sin revestimiento Revestimiento con revoco sin aditivos Revestimiento con revoco con aditivos*2	Ej.: CS III-W1	HS Fachadas R1-R2-R3
3	variable	Fábrica de BT tipo 2	Adobe / BTC	A soga tomados con mortero de cal - M-5	HS Fachadas C1-C2/H/J
1.2	>1,5 cm	Revestimiento interior	Sin revestimiento Revestimiento con revoco sin aditivos Revestimiento con revoco con aditivos*2	CS II - W0 CS III - W0	

*1 Espesor en función de la normativa.

*2 Los tipos de aditivos se indican en las especificaciones generales.

*3 En función de qué fábrica sea la hoja principal.

Observaciones:

-Pueden existir variantes de la solución en función de los aparejos de la fábrica y la utilización de revestimientos discontinuos.

Aproximación al cumplimiento UNE 41410:2008

-Se deberá tener en cuenta la exigencia de *Parámetro Exterior* y si no posee revestimiento, la exigencia *cara vista*.

-Si funciona como muro portante será necesario conocer la resistencia a compresión del BT para cumplir la exigencia estructural y al fuego.

Aproximación al cumplimiento del CTE

CTE DB HS 1:

- Fachada: para soluciones constructivas con revestimiento al exterior y hasta un grado de idoneidad, 4. Será necesario incluir a la solución las condiciones necesarias según la normativa prestando especial atención a la condición B (Resistencia a la filtración de la barrera contra la penetración de agua ya que se estima que no puede cumplirse a no ser que se obtenga una alternativa a la cámara de aire y al aislante hidrófilo).

-Soluciones constructivas con revestimiento: designación del mortero en función de la resistencia media, alta o muy alta (R1, R2 o R3), de si se trata de monocapa o no monocapa, o discontinuos.

CTE DB HE:

Será necesario conocer las propiedades térmicas del BT para realizar este cumplimiento ya que depende de él.

CTE DB SI:

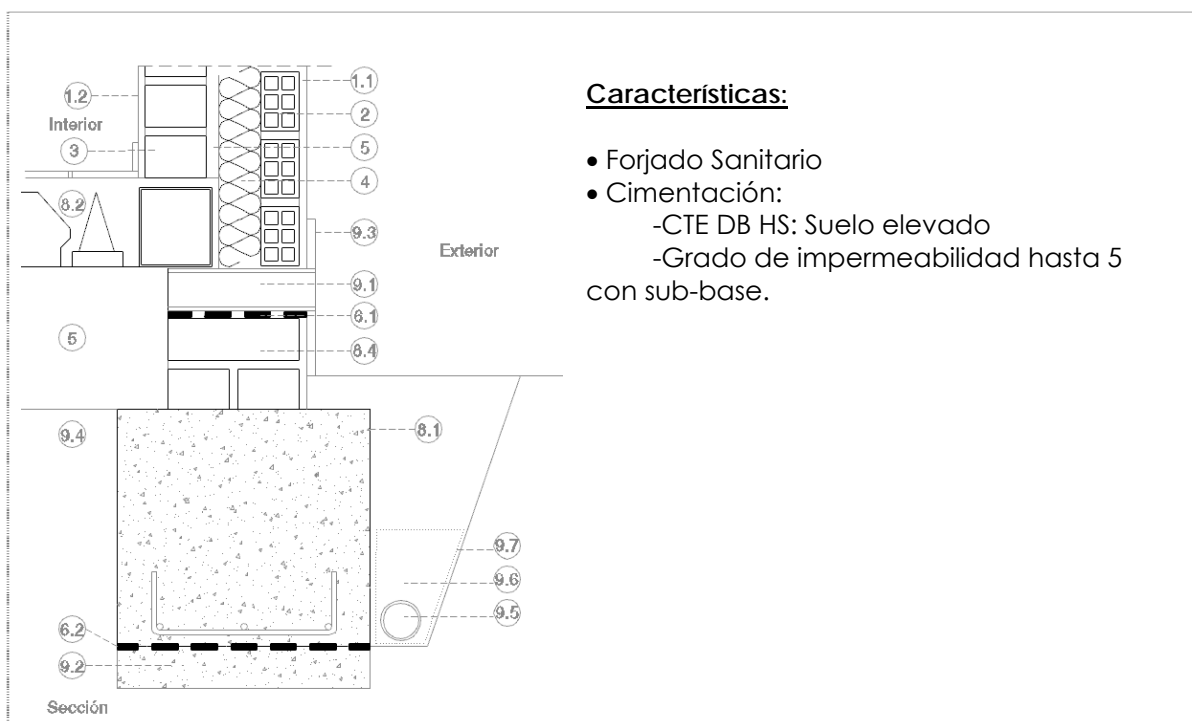
Basa su cumplimiento en el espesor de la fábrica y en el revestimiento que tenga.

CTE DB SE-F:

Definición de la fábrica como capacidad portante. Necesaria la definición de la clase de exposición, la composición, propiedades y comportamiento de los materiales.

C-FS-1

Cimentación y forjado sanitario. Detalle 1.

**Características:**

- Forjado Sanitario
- Cimentación:
 - CTE DB HS: Suelo elevado
 - Grado de impermeabilidad hasta 5 con sub-base.

Especificaciones

Nº	Espesor	Descripción	Propuestas	Especificación	Condiciones CTE
1.1	>1,5 cm	Revestimiento exterior	Sin revestimiento Revestimiento con revoco sin aditivos Revestimiento con revoco con aditivos*2	Ej.: CS III-W1	HS Fachadas R1-R2-R3
1.2	>1,5 cm	Revestimiento interior	Sin revestimiento Revestimiento con revoco sin aditivos Revestimiento con revoco con aditivos*2	CS II – W0 CS III – W0	
2	variable	Fábrica de ladrillo exterior	Ladrillo hueco doble colocado a sardinel (1.a) Ladrillo hueco doble colocado a tizón (1.b)	LHD tomado con mortero M-5	HS Fachadas C1-C2/H/J*3
3	variable	Fábrica de BT	Adobe ó BTC	A soga tomados con mortero de cal – M-5	HS Fachadas C1-C2/H/J*3
4	> 4 cm*1	Aislamiento	No hidrófilo	-	HS Fachadas B1-B2-B3
5	5*1	Cámara de aire	Ventilada	-	HS Fachadas B1-B2-B3
6.1		Impermeabilización	Barrera anticapilaridad		HS Fachadas Apartado 2.3.3.2
6.2		Impermeabilización	Bajo cimentación		HS Fachadas I2

8.1	variable	Cimentación	Zapatas		SE HS Fachadas - C1 C2 C3
8.4	variable	Sobrecimentación	BT estabilizados		
9.1	*6	Ventilación	Espacio en el muro con rejilla		HS Fachadas V1
9.2	10 cm	Hormigón de limpieza		HL-150/C/TM	
9.3	1 cm	Zócalo	Piedra		
9.4	30 cm	Terreno compactado*5			HS Suelo Sub-base
9.5	variable*7	Tubo drenante	Conectado a la red de saneamiento.		
9.6		Lámina geotextil			HS Suelo D2
9.7		Capa drenante	Gravas		

*1 Espesor en función de la normativa CTE DB HE.

*2 Los tipos de aditivos se indican en las especificaciones generales.

*3 En función de qué fábrica sea la hoja principal.

*5 Característica para sub-base.

*6 En función de la superficie de ventilación necesaria (Ver CTE).

*7 Dimensionamiento en CTE DB HS apartado 3.1

Observaciones:

- Es necesario situar BTC estabilizados en el apoyo. Esta solución también puede ser realizada con piedra para que eleve el forjado sanitario y eleven el muro del suelo.
- Se aconseja revestimiento en el muro portante del forjado sanitario.
- En este detalles es necesario el estudio de la superficie de ventilación del forjado sanitario.

Aproximación al cumplimiento de la UNE 41410:2008.

- Si se utiliza el BT como **hoja principal** de apoyo del forjado sanitario será necesario comprobar la exigencia estructural y al fuego.
- Será necesario la comprobación de la exigencia de *Parámetro exterior*.

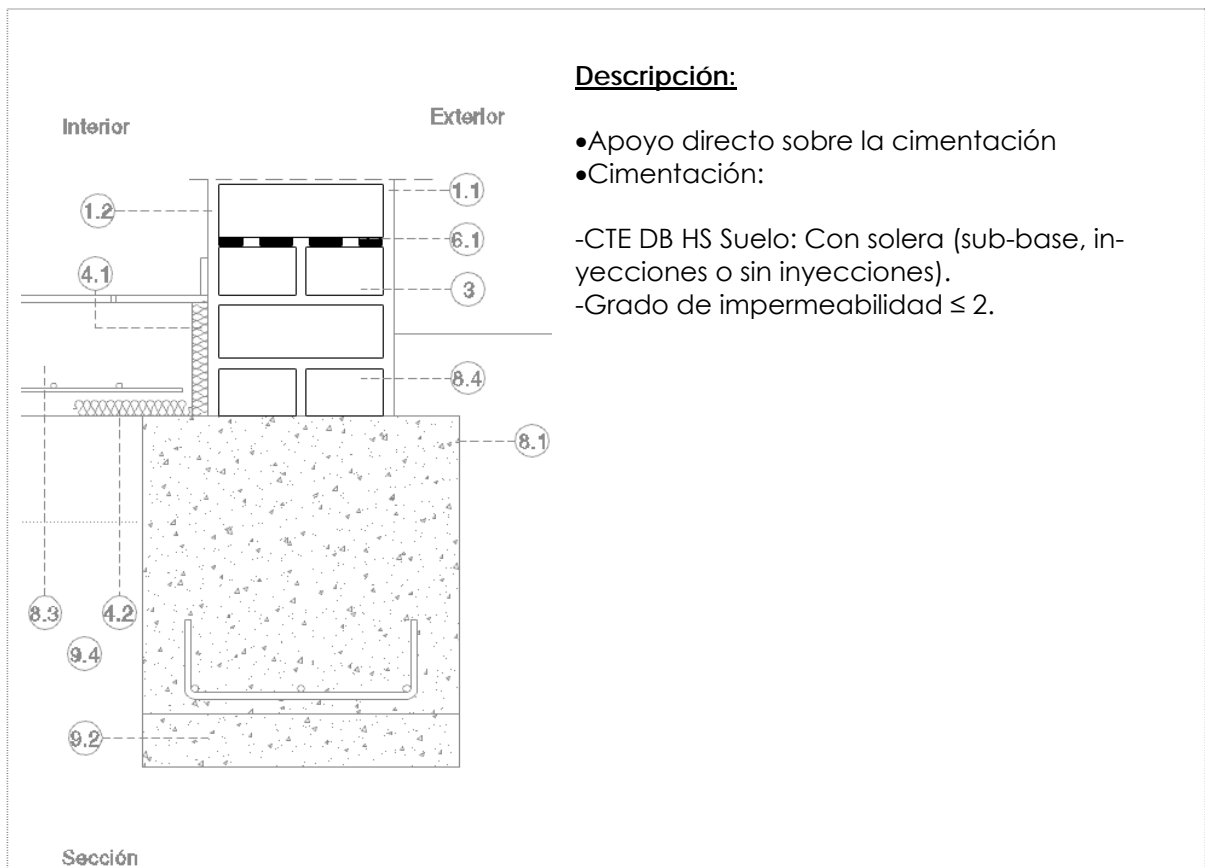
Aproximación al cumplimiento del CTE

CTE DB HS:

- Fachada: Según el apartado 2.3.3.2. del CTE DB HS 1, la lámina impermeabilizante debe ir 15 cm por encima del nivel del suelo.
- Comprobar en función de las condiciones mínimas constructivas, la posición de la lámina impermeabilizante bajo la cimentación.

BM-AD-1

Base del muro con apoyo directo en cimentación - Detalle 1

**Especificaciones**

Nº	Espesor	Descripción	Propuestas	Especificación	Condiciones CTE
1.1	>1,5 cm	Revestimiento exterior	Sin revestimiento Revestimiento con revoco sin aditivos Revestimiento con revoco con aditivos*2	Ej.: CS III-W1	HS Fachadas R1-R2-R3
1.2	>1,5 cm	Revestimiento interior	Sin revestimiento Revestimiento con revoco sin aditivos Revestimiento con revoco con aditivos*2	CS II – W0 CS III – W0	
3	variable	Fábrica de BT. Tipo 2.	Adobe / BTC	A soga tomados con mortero de cal – M-5	HS Fachadas C1-C2*3 /H/J
4.1	> 4 cm*1	Banda perimetral	No hidrófilo	-	HS Fachadas B1-B2-B3
4.2	> 2 cm*1	Banda perimetral		-	HE
6.1		Impermeabilización	Barrera anticapilaridad		HS Fachadas

8.1	variable	Cimentación	Zapatas		Apartado 2.3.3.2 EHE SE HS Suelo C1 C2 C3
8.3	>25 cm	Suelo	Solera	HM-20/6/40/I	EHE SE HS Suelo C1 C2 C3
8.4		BTC estabilizados			
9.2	10 cm	Hormigón de limpieza		HL-150/C/TM	EHE
9.4	30 cm	Terreno compactado*5			HS Suelo Sub-base

*1 Espesor en función de la normativa CTE DB HE.

*2 Los tipos de aditivos se indican en las especificaciones generales.

*5 Característica para sub-base.

Observaciones

- Esta opción puede llevar zócalo.
- Especial atención a que los BT que estén bajo la lámina impermeabilizante se recomienda que sean estabilizados debido a su contacto al agua.

Aproximación al cumplimiento de la UNE 41410:2008.

- En esta ocasión, las exigencias que deben ser solventadas son parámetro exterior, estructurales y al fuego. En función del uso, las exigencias térmicas y acústicas.
- Si no se coloca revestimiento, será necesario comprobar a cara vista.

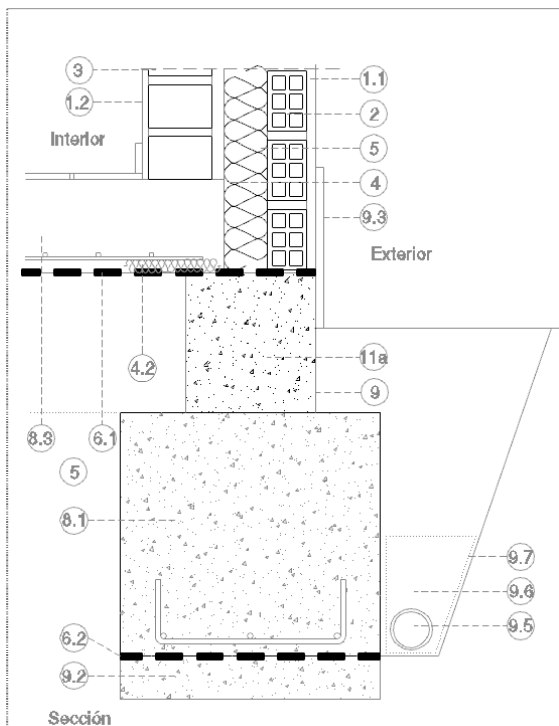
Aproximación al cumplimiento del CTE

CTE DB HS:

- Suelo: Para las soluciones constructivas con inyecciones o sin intervención en el grado de impermeabilización 2 será necesario el cumplimiento de la condición D. Se trata de la colocación de capa drenante y capa filtrante situado bajo el suelo. Si es un encachado debe disponerse una lámina de polietileno por encima de ella.
- Suelo: Es posible aumentar el grado de impermeabilización si se coloca una lámina impermeabilizante bajo la zapata (I2), un tubo drenante junto a la cimentación (D1-D2), el sellado de juntas (S1 a S3) y tratamiento del perímetro (P).
- Fachada: Según el apartado 2.3.3.2. del CTE DB HS 1, la lámina impermeabilizante debe ir 15 cm por encima del nivel del suelo. También indica que si se coloca zócalo si el revestimiento sea poroso, este debe tener una altura de 30 cm desde el nivel del suelo.

BM-S-1

Base del muro con sobrecimentación. Detalle 1.

**Descripción:**

- Sobrecimentación
- Cimentación:

CTE DB HS Suelo: Con solera (sub-base, inyecciones o sin inyecciones).
- Grado de impermeabilidad ≤ 3 .

Especificaciones

Nº	Espe-sor	Descripción	Propuestas	Especifica-ción	Condicio-nes CTE
1.1	>1,5 cm	Revestimien-to exterior	Sin revestimiento Revestimiento con revoco sin aditi- vos Revestimiento con revoco con aditivos*2	Ej.: CS III-W1	HS Facha- das R1-R2-R3
1.2	>1,5 cm	Revestimien-to interior	Sin revestimiento Revestimiento con revoco sin aditi- vos Revestimiento con revoco con aditivos*2	CS II – W0 CS III – W0	
2	varia- ble	Fábrica de ladrilo exte- rior	Ladrillo hueco doble colocado a sardinel (1.a) Ladrillo hueco doble colocado a tizón (1.b)	LHD tomados con mortero M-5	HS Facha- das C1-C2 /H/J
3	varia- ble	Fábrica de BT 2	Adobe / BTC	A soga to- mados con mortero de cal – M-5	HS Facha- das C1-C2*3 /H/J
4.2	> 2 cm*1	Banda peri- metral		-	HE
5	5*1	Cámara de aire	Ventilada o no ventilada	-	HS Facha- das B1-B2-B3
6.1		Impermeabi- lización	Barrera anticapilaridad		HS Facha- das Apartado

					2.3.3.2
6.2		Impermeabilización	Bajo solera		HS Fachadas I2
8.1	variable	Cimentación	Zapatas		SE HS Fachadas C1 C2 C3
8.3	>25 cm	Suelo	Solera	HM-20/6/40/I	EHE SE HS Suelo C1 C2 C3
9.2	10 cm	Hormigón de limpieza		HL-150/C/TM	
9.3		Zócalo	Piedra		
9.4	30 cm	Terreno compactado*5			HS Suelo Sub-base
9.5	variable*7	Tubo drenante	Conectado a la red de saneamiento.		HS Suelo D2
9.6		Geotextil			Apartado 3.1
9.7	30 cm	Drenante	Gravas		3.1

*1 Espesor en función de la normativa CTE DB HE.

*2 Los tipos de aditivos se indican en las especificaciones generales.

*5 Característica para CTE DB HS Suelo - Sub-base.

*7 Dimensionamiento en CTE DB HS apartado 3.1

Observaciones:

- Esta solución propone que la lámina impermeabilizante bajo la solera sea la que continúe como barrera anticapilaridad. Si el grado de impermeabilidad es menor, la barrera anticapilar puede fijarse sobre el nivel de la solera.

Aproximación al cumplimiento de la UNE 41410:2008.

-En esta ocasión, las exigencias que deben solventarse irán en función de su el BT es hoja principal por lo que será necesario comprobar estructuralmente y al fuego.

-En función del uso, las exigencias térmicas y acústicas.

Aproximación al cumplimiento del CTE DB

CTE DB HS

-Suelo: Para las soluciones constructivas con inyecciones o sin intervención en el grado de impermeabilización 3 máximo.

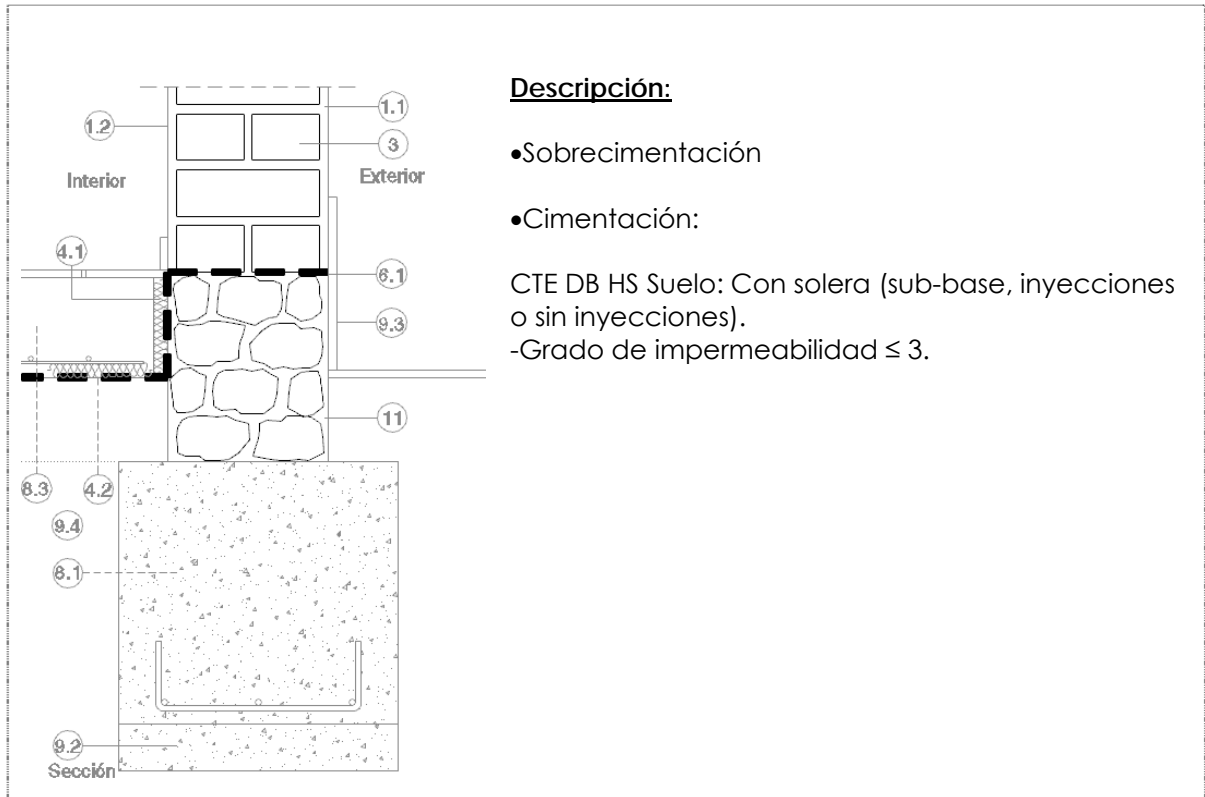
-Esta solución tiene enclaustrada la solera sobre la sobrecimentación. Podría ser entendido como la condición P2 y aumentar el grado de impermeabilización posible.

-Suelo: Es posible aumentar el grado de impermeabilización si se coloca una lámina impermeabilizante bajo la zapata (I2), un tubo drenante junto a la cimentación (D1-D2), el sellado de juntas (S1 a S3) y tratamiento del perímetro (P).

-Fachadas: La altura de la lámina impermeabilizante debe ser mayor de 15 cm sobre el nivel del terreno (CTE DB HS 1). También indica que si se coloca zócalo si el revestimiento sea poroso, este debe tener una altura de 30 cm desde el nivel del suelo.

BM-S-2

Base del muro con sobrecimentación - Detalle 2

**Descripción:**

- Sobrecimentación

- Cimentación:

CTE DB HS Suelo: Con solera (sub-base, inyecciones o sin inyecciones).

-Grado de impermeabilidad ≤ 3 .

Especificaciones

Nº	Espe- sor	Descripción	Propuestas	Especifica- ción	Condicio- nes CTE
1.1	>1,5 cm	Revestimien- to exterior	Sin revestimiento Revestimiento con revoco sin adi- tivos Revestimiento con revoco con aditivos*2	Ej.: CS III-W1	HS Facha- das R1-R2-R3
1.2	>1,5 cm	Revestimien- to interior	Sin revestimiento Revestimiento con revoco sin adi- tivos Revestimiento con revoco con aditivos*2	CS II – W0 CS III – W0	
3	varia- ble	Fábrica de BT	Adobe / BTC	A soga to- mado con mortero de cal M-5	HS Facha- das C1-C2*3 /H/J
4.2	> 2 cm*1	Banda peri- metral		-	HE
6.1		Impermeabi- lización	Barrera anticapilaridad		
8.1	varia- ble	Cimentación	Zapatas		DB SE CTE DB HS Fachadas C1 C2 C3
8.3	>25cm	Solera	Hormigón armado		
8.4	varia-	Sobrecimen-	Piedras	Ej: Piedra	

	ble	tación		caliza toma- da con mor- tero de cal	
9.2	10 cm	Hormigón de limpieza		HL-150/C/TM	
9.3		Zócalo	Piedra		
9.4	30 cm	Terreno compacta- do*5			HS Suelo Sub-base

*1 Espesor en función de la normativa CTE DB HE.

*2 Los tipos de aditivos se indican en las especificaciones generales.

*5 Característica para sub-base.

Observaciones:

-Esta solución permite una composición de fachada por capas.

-La barrera anticapilaridad puede ser usada en prolongación como impermeabilización de la solera.

Aproximación al cumplimiento de la UNE 41410:2008.

-En esta ocasión, las exigencias que deben ser solventadas son parámetro exterior, estructurales y al fuego. En función del uso, las exigencias térmicas y acústicas.

-Sin revestimiento será tenido en cuenta cara vista.

Aproximación al cumplimiento del CTE

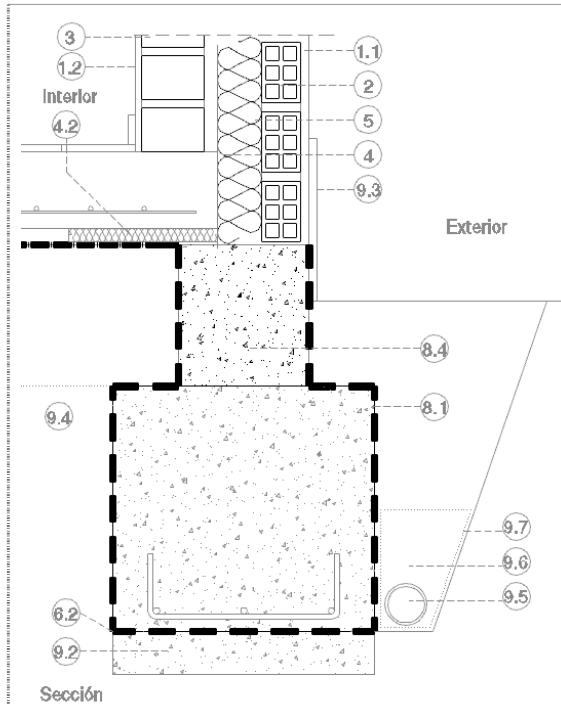
CTE DB HS

-Fachada: La altura de la lámina impermeabilizante debe ser mayor de 15 cm sobre el nivel del terreno (CTE DB HS 1). También indica que si se coloca zócalo si el revestimiento sea poroso, éste debe tener una altura de 30 cm desde el nivel del suelo.

-Suelo: Es posible aumentar el grado de impermeabilización si se coloca una lámina impermeabilizante bajo la zapata (I2), un tubo drenante junto a la cimentación (D1-D2), el sellado de juntas (S1 a S3) y tratamiento del perímetro (P).

BM-S-3

Base del muro con sobrecimentación. Detalle 3.

**Descripción:**

- Sobrecimentación
- Cimentación:

- Soluciones con solera (sub-base, inyecciones o sin inyecciones).

- Grado de impermeabilidad hasta 5.

Especificaciones

Nº	Espesor	Descripción	Propuestas	Especificación	Condiciones CTE
1.1	>1,5 cm	Revestimiento exterior	Sin revestimiento Revestimiento con revoco sin aditivos Revestimiento con revoco con aditivos*2	Ej.: CS III-W1	HS Fachadas R1-R2-R3
1.2	>1,5 cm	Revestimiento interior	Sin revestimiento Revestimiento con revoco sin aditivos Revestimiento con revoco con aditivos*2	CS II – W0 CS III – W0	
2	variable	Fábrica de ladrillo exterior	Ladrillo hueco doble colocado a sardinel (1.a) Ladrillo hueco doble colocado a tizón (1.b)	LHD tomado con mortero M-5	HS Fachadas C1-C2 /H/J
3	variable	Fábrica de BT	Adobe / BTC	A soga tomados con mortero de cal M-5	CTE DB HS Fachadas C1-C2*3 /H/J
4	> 4 cm*1	Aislamiento	No hidrófilo	-	CTE DB HS Fachadas B1-B2-B3
4.2	>1cm	Banda perimetral			CTE DB HE
5	5*1cm	Cámara de aire	Ventilada o no ventilada	-	HS Fachadas B1-B2-B3
6.1		Impermeabi-	Barrera anticapilaridad		

		lización			
6.2		Impermeabilización	Bajo solera y cimentación		CTE DB HS Fachadas I2
8.1	variable	Cimentación	Zapatas		DB SE CTE DB HS Fachadas C1 C2 C3
8.4	variable	Sobrecimentación	Viga de hormigón armado		
9.2	10 cm	Hormigón de limpieza		HL-150/C/TM	
9.3	30 cm de altura	Zócalo	Piedra		Según HS apartado 3.2.2.3
9.4	30 cm	Terreno compactado*5			CTE DB HS Suelo Sub-base
9.5	variable*7	Tubo drenante	Conectado a la red de saneamiento.		CTE DB HS Suelo
9.6		Lámina Geotextil			D2 Apartado 3.1.
9.7		Capa Drenante	Gravas		

*1 Espesor en función de la normativa CTE DB HE.

*2 Los tipos de aditivos se indican en las especificaciones generales.

*5 Característica para sub-base.

*7 Dimensionamiento en CTE DB HS apartado 3.1

Observaciones:

Aproximación al cumplimiento de la UNE 41410:2008.

-En esta ocasión, las exigencias que deben solventarse irán en función de su el BT es **haja principal** por lo que será necesario comprobar estructuralmente y al fuego.

-En función del uso, las exigencias térmicas y acústicas.

Aproximación al cumplimiento del CTE

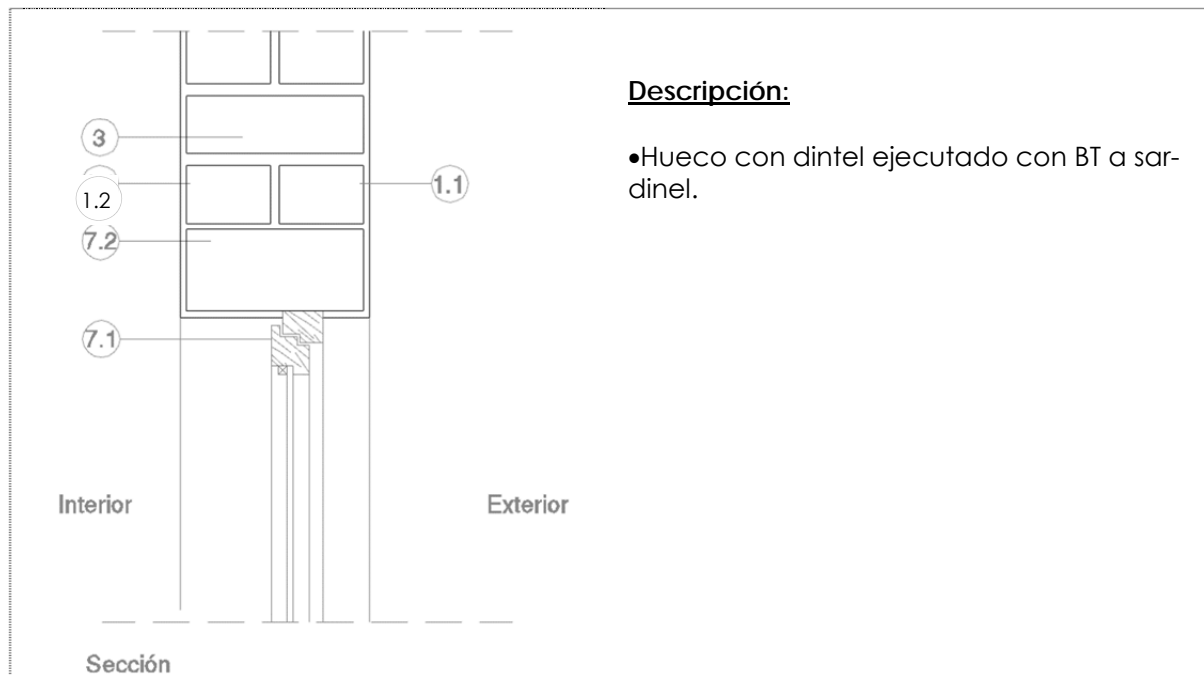
CTE DB HS

-Fachada: La altura de la lámina impermeabilizante debe ser mayor de 15 cm sobre el nivel del terreno (CTE DB HS 1)

-La impermeabilización bajo cimentación y solera irá en función de la normativa (CTE DB HS 1).

H-D-1

Hueco. Dintel. Detalle 1.

**Especificaciones**

Nº	Espesor	Descripción	Propuestas	Especificación	Condiciones CTE
1.1	>1,5 cm	Revestimiento exterior	Sin revestimiento Revestimiento con revoco sin aditivos Revestimiento con revoco con aditivos*2	Ej.: CS III-W1	HS Fachadas R1-R2-R3
1.2	>1,5 cm	Revestimiento interior	Sin revestimiento Revestimiento con revoco sin aditivos Revestimiento con revoco con aditivos*2	CS II – W0 CS III – W0	
3	variable	Fábrica de BT	Adobe / BTC	A soga tomado con mortero de cal M-5	C1-C2*3 /H/J
7.1	variable	Carpintería			
7.2	variable	Dintel	BT (posibilidad de BT especial)	A sardinel tomados con mortero de cal M-5	SE-F Apartado 5.6 y 7.2

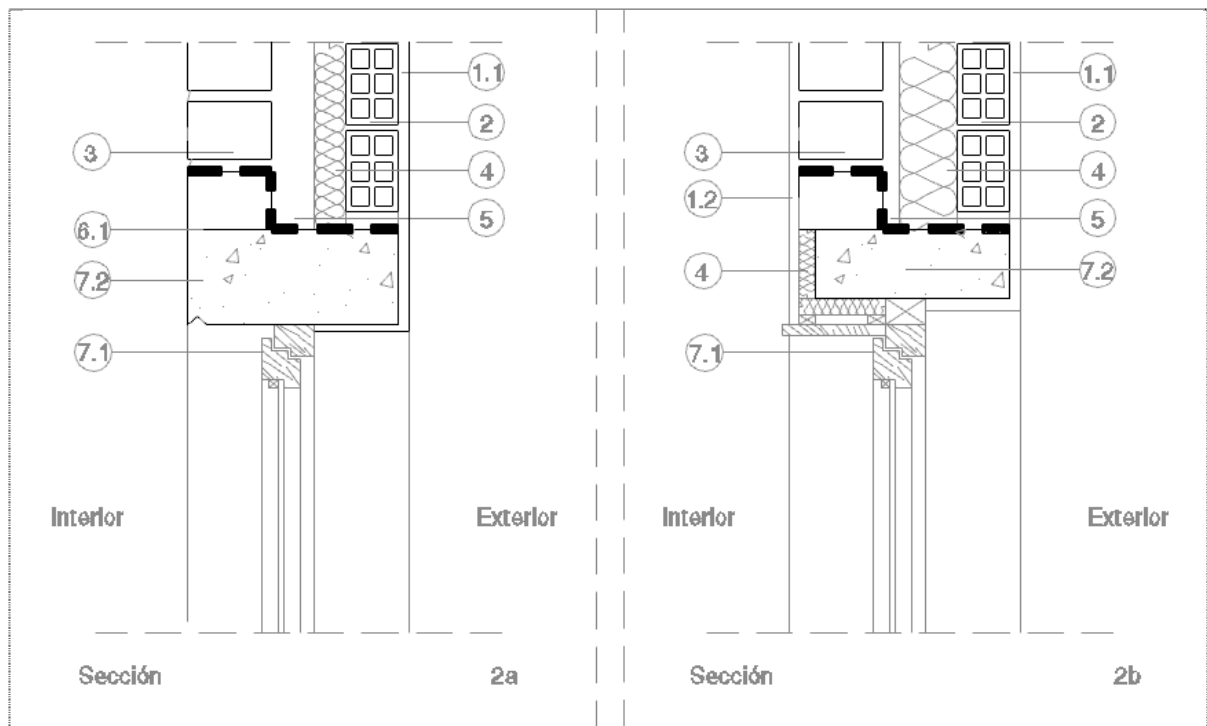
*2 Los tipos de aditivos se indican en las especificaciones generales.

Observaciones:

- Medida que tiene que sobresalir el dintel, a partir de 25 cm con respecto al hueco.
- Si hay riesgo sísmico, el dintel puede ser compartido entre los distintos huecos encadenados.

H-D-2a y H-D-2b

Huecos. Dintel. Detalle 2a y 2b.



Descripción:

- Huevo con dintel de HA.
- Propuesta para evitar el puente térmico.

Especificaciones

Nº	Espesor	Descripción	Propuestas	Especificación	Condiciones CTE
1.1	>1,5 cm	Revestimiento exterior	Sin revestimiento Revestimiento con revoco sin aditivos Revestimiento con revoco con aditivos*2	Ej.: CS III-W1	R1-R2-R3
1.2	>1,5 cm	Revestimiento interior	Sin revestimiento Revestimiento con revoco sin aditivos Revestimiento con revoco con aditivos*2	CS II – W0 CS III – W0	
3	variable	Fábrica de BT	Adobe / BTC	A soga tomada con mortero de cal M-5	C1-C2*3 /H/J
4	> 4 cm*1	Aislamiento	No hidrófilo	-	CTE DB HS Fachadas B1-B2-B3
5	5*1cm	Cámara de aire	Ventilada o no ventilada	-	HS Fachadas B1-B2-B3

6.1	10 cm de altura	Impermeabilización	Sistema de recogida del agua en la cámara de aire*8.		HS Fachadas Apartado 2.3.3.5
7.1	variable	Carpintería			
7.2	variable	Dintel	HA		

*1 Espesor en función de la normativa CTE DB HE.

*2 Los tipos de aditivos se indican en las especificaciones generales.

*8 El sistema de recogida de agua y condensaciones en la cámara de aire debe llevar una evaluación cada 1,5 m como máximo mediante una llaga desprovista de mortero o un tubo de material estanco.

Observaciones:

- Medida que tiene que sobresalir del hueco el dintel como mínimo 25 cms.
- Opciones de evitar el puente térmico.
- Se propone una lámina impermeabilizante que permita la evaluación del agua de la cámara por condensación.
- El detalle 2b fue desarrollado en el caso de estudio BAR-002 pero sin la lámina impermeabilizante con resultados excelentes.

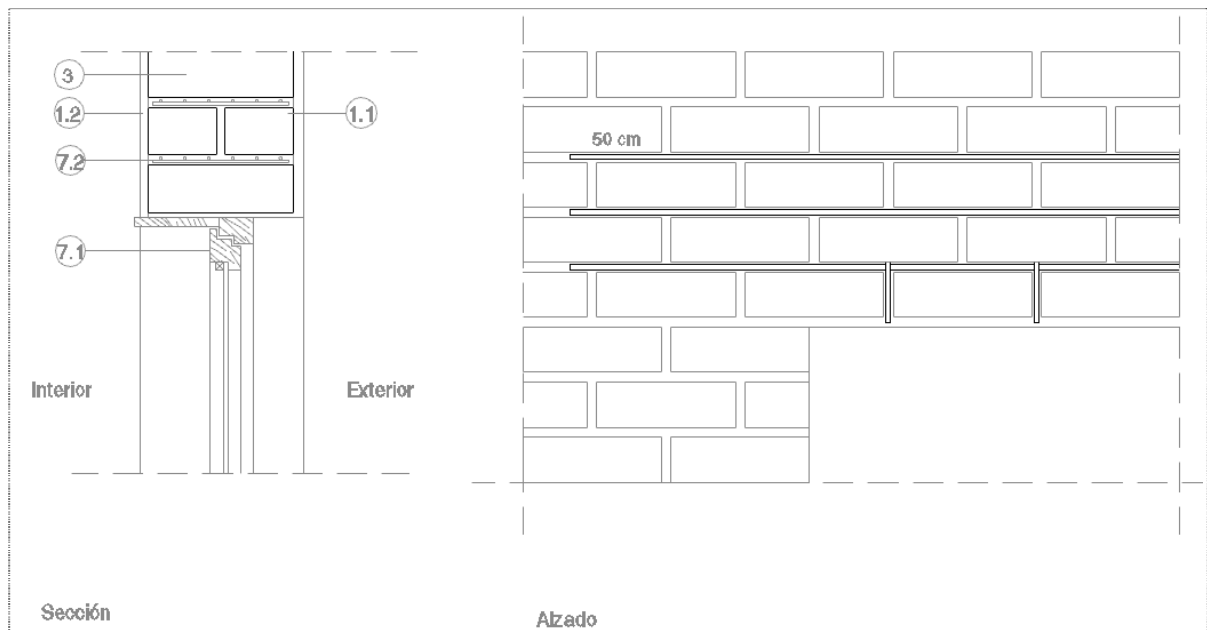
Aproximación al cumplimiento del CTE

CTE DB HE:

- Se propone una banda aislante con la finalidad de evitar puentes térmicos en el dintel de HA.

H-D-3

Hueco. Dintel. Detalle 3.



Descripción:

- Hueco con dintel mediante barras de acero galvanizado o inoxidable.

Especificaciones

Nº	Espesor	Descripción	Propuestas	Especificación	Condiciones CTE
1.1	>1,5 cm	Revestimiento exterior	Sin revestimiento Revestimiento con revoco sin aditivos Revestimiento con revoco con aditivos*2	Ej.: CS III-W1	R1-R2-R3
1.2	>1,5 cm	Revestimiento interior	Sin revestimiento Revestimiento con revoco sin aditivos Revestimiento con revoco con aditivos*2	CS II – W0 CS III – W0	
3	variable	Fábrica de BT	Adobe / BTC	A soga tomados con mortero de cal M-5	C1-C2*3 /H/J
7.1	variable	Carpintería			
7.2	variable	Dintel	Barras de acero galvanizado		

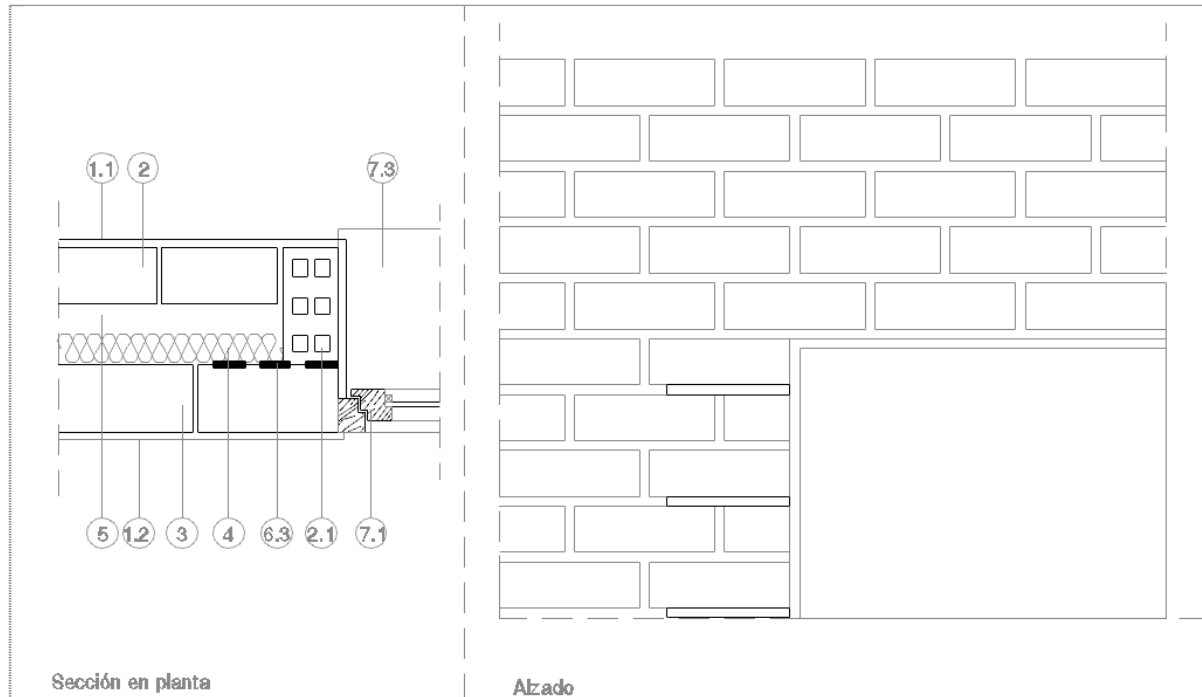
*2 Los tipos de aditivos se indican en las especificaciones generales.

Observaciones:

-Medida que tiene que sobresalir del hueco el dintel como mínimo 25 cms a 50 cm.

H-J-1

Hueco. Jambas. Detalle 1.

**Descripción:**

- Huecos – Jambas de una composición de muro de varias capas.
- Grado de impermeabilidad 5.

Especificaciones

Nº	Espe- sor	Descripción	Propuestas	Especifica- ción	Condicio- nes CTE
1.1	>1,5 cm	Revestimien- to exterior	Sin revestimiento Revestimiento con revoco sin adi- tivos Revestimiento con revoco con aditivos*2	Ej.: CS III-W1	HS Facha- das R1-R2-R3
1.2	>1,5 cm	Revestimien- to interior	Sin revestimiento Revestimiento con revoco sin adi- tivos Revestimiento con revoco con aditivos*2	CS II – W0 CS III – W0	
2	varia- ble	Fábrica de ladrillo exter- rior	Ladrillo hueco doble colocado a sardinel (1.a) Ladrillo hueco doble colocado a tizón (1.b)	LHD	HS Facha- das C1-C2 /H/J
3	varia- ble	Fábrica de BT	Adobe / BTC	A sogas to- mados con mortero de cal M-5	C1-C2*3 /H/J
4	> 4 cm*1	Aislamiento	No hidrófilo	-	HS Facha- das

5	5*1	Cámara de aire	Ventilada o no ventilada	-	B1-B2-B3 HS Fachadas B1-B2-B3
6.3		Lámina impermeabilizante			
7.1	variable	Carpintería	Madera, aluminio, entre otros.		
7.3	variable	Alféizar	Piedra		

*2 Los tipos de aditivos se indican en las especificaciones generales.

Observaciones:

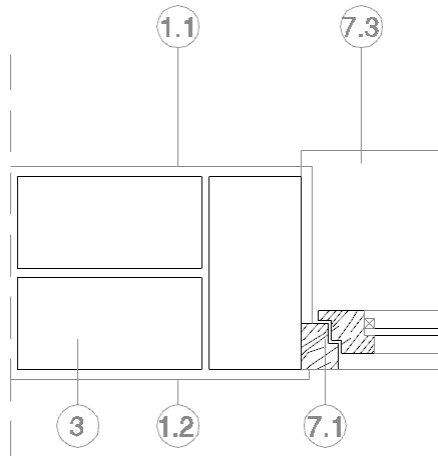
-Será necesario colocar en las jambas elementos que fijen la carpintería mediante bloques especiales o algún tipo de sujeción alternativa. La terminación debe intentarse que no sea un ladrillo que sitúe los huecos hacia fuera para evitar la entrada de agua,

Aproximación al cumplimiento del CTE DB HS 1

-En el caso de grado de impermeabilización 5 será necesaria la colocación de lámina impermeabilizante.

H-J-2

Huecos. Jambas. Detalle 2.

**Descripción:**

- Huevo – Jambas con BT en muro verdugado.

Sección en planta

Especificaciones

Nº	Espe-sor	Descripción	Propuestas	Especifica-ción	Condicio-nes CTE
1.1	>1,5 cm	Revestimiento exterior	Sin revestimiento Revestimiento con revoco sin aditivos Revestimiento con revoco con aditivos*2	Ej.: CS III-W1	HS Fachadas R1-R2-R3
1.2	>1,5 cm	Revestimiento interior	Sin revestimiento Revestimiento con revoco sin aditivos Revestimiento con revoco con aditivos*2	CS II – W0 CS III – W0	
3	variable	Fábrica de BT	Adobe / BTC	A sogá	C1-C2*3 /H/J
7.1	variable	Carpintería	Madera, aluminio, entre otros.		
7.3		Alféizar	Pieza cerámica		HS Fachadas Apar-tado 2.3.3.6

*2 Los tipos de aditivos se indican en las especificaciones generales.

Observaciones:**Aproximación al cumplimiento a la UNE 41410:2008**

-Podrán utilizarse bloques accesorios en las proximidades del hueco.

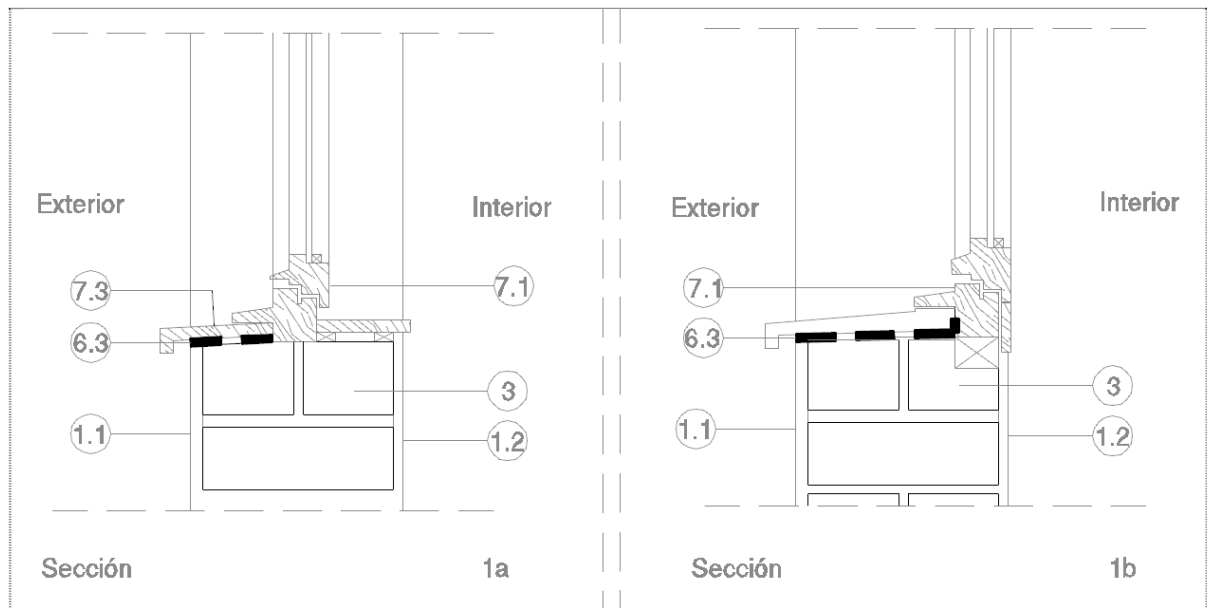
Aproximación al cumplimiento del CTE**CTE DB HS Fachada**

-El vierteagua debe tener una pendiente mayor del 10%.

-La parte inferior del vierteaguas debe ser impermeabilizado.

H-A-1

Huecos. Alféizar. Detalle 1a y 1b.



Descripción:

Alféizar sobre muro verdugado. Dos posiciones: carpintería en la parte media o en la zona interior.

Especificaciones

Nº	Espe-sor	Descripción	Propuestas	Especifica-ción	Condicio-nes CTE
1.1	>1,5 cm	Revestimiento exterior	Sin revestimiento Revestimiento con revoco sin aditivos Revestimiento con revoco con aditivos*2	Ej.: CS III-W1	R1-R2-R3
1.2	>1,5 cm	Revestimiento interior	Sin revestimiento Revestimiento con revoco sin aditivos Revestimiento con revoco con aditivos*2	CS II – W0 CS III – W0	
3	varia-ble	Fábrica de BT	Adobe / BTC	A sogas to-mados con mortero de cal M-5	C1-C2*3 /H/J
6.3		Impermeabiliza-ción	Bajo alféizar		HS aparta-do 2.3.3.6.
7.1	varia-ble	Carpintería	Madera, aluminio, entre otros.		
7.3		Alféizar	Pieza cerámica		HS Facha-das Aparta-do 2.3.3.6

*2 Los tipos de aditivos se indican en las especificaciones generales.

Observaciones:

- La carpintería puede ser complementada con piezas que sirvan como premarco y se ajusten a las piezas del muro.
- La pieza cerámica debe tener al menos goterón.

Aproximación al cumplimiento a la UNE 41410:2008

- Podrán utilizarse bloques accesorios en las proximidades del hueco.

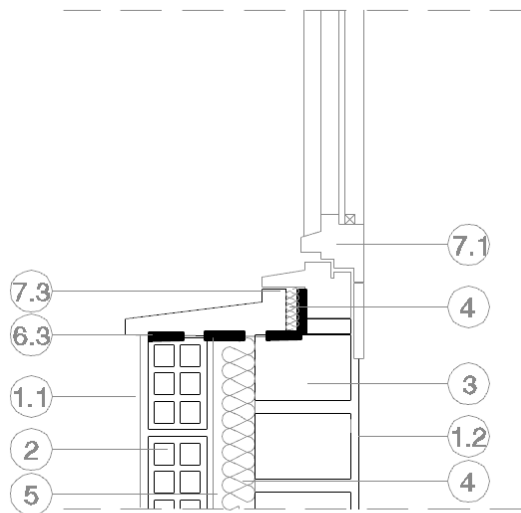
Aproximación al cumplimiento del CTE

DB HS Fachada:

- El vierteagua debe tener una pendiente mayor del 10%.
- La parte inferior del vierteaguas debe ser impermeabilizado.

H-A-2

Huecos. Alféizar. Detalle 2.



Sección

Descripción:

- Huevo – Alféizar con pieza cerámica.

Especificaciones

Nº	Espe-sor	Descripción	Propuestas	Especifica-ción	Condicio-nes CTE
1.1	>1,5 cm	Revestimiento exterior	Sin revestimiento Revestimiento con revoco sin aditivos Revestimiento con revoco con aditivos*2	Ej.: CS III-W1	R1-R2-R3
1.2	>1,5 cm	Revestimiento interior	Sin revestimiento Revestimiento con revoco sin aditivos Revestimiento con revoco con aditivos*2	CS II – W0 CS III – W0	
2	varia-ble	Fábrica de ladrillo exterior	Ladrillo hueco doble colocado a sardinel (1.a) Ladrillo hueco doble colocado a tizón (1.b)	LHD tomado con mortero M-5	HS Fachadas C1-C2 /H/J*3
3	varia-ble	Fábrica de BT	Adobe / BTC	A sogá tomados con mortero de cal – M-5	HS Fachadas C1-C2 /H/J*3
4	> 4 cm*1	Aislamiento	No hidrófilo	-	HS Fachadas B1-B2-B3
5	5*1	Cámara de aire	Ventilada	-	HS Fachadas B1-B2-B3
6.3		Impermeabiliza-ción	Bajo alféizar		HS apartado 2.3.3.6.
7.1	varia-ble	Carpintería	Madera, aluminio, entre otros.		
7.3		Alféizar	Pieza cerámica		HS Fachadas Apar-

tado 2.3.3.6

*2 Los tipos de aditivos se indican en las especificaciones generales.

Observaciones:

-La pieza cerámica debe tener al menos goterón.

Aproximación al cumplimiento a la UNE 41410:2008

-Podrán utilizarse bloques accesorios en las proximidades del hueco.

Aproximación al cumplimiento del CTE**CTE DB HE:**

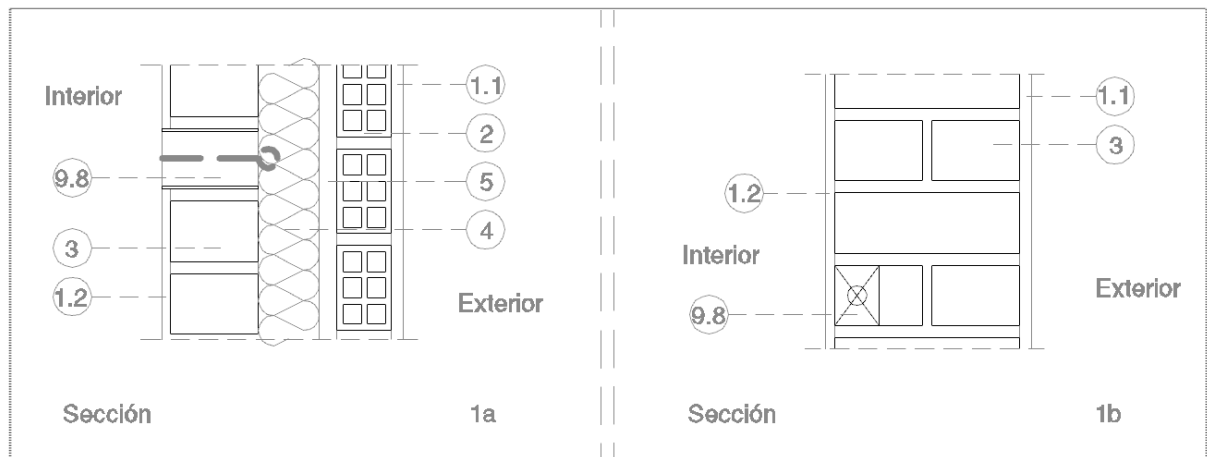
-Puede ser propuesto el uso de una banda entre el alféizar y la carpintería con la finalidad de evitar puentes térmicos en este punto.

CTE DB HS 1:

-El vierteagua debe tener una pendiente mayor del 10%.

RT-1a y RT-1b

Recursos técnicos. Detalle 1ª y 1b.



Descripción:

Instalaciones de recursos técnicos en los muros. Dos opciones: la primera hace que las instalaciones circulen entre el aislamiento y el muro, la segunda a través de rozas o piezas especiales.

Especificaciones

Nº	Espe- sor	Descripción	Propuestas	Especifica- ción	Condicio- nes CTE
1.1	>1,5 cm	Revestimiento exterior	Sin revestimiento Revestimiento con revoco sin aditivos Revestimiento con revoco con aditivos*2	Ej.: CS III-W1	R1-R2-R3
2	varia- ble	Fábrica de ladrillo exterior	Ladrillo hueco doble colocado a sardinel (1.a) Ladrillo hueco doble colocado a tizón (1.b)	LHD tomado con mortero M-5	HS Fachadas C1-C2 /H/J*3
3	varia- ble	Fábrica de BT	Adobe / BTC	A soga tomados con mortero de cal – M-5	HS Fachadas C1-C2 /H/J*3
4	> 4 cm*1	Aislamiento	No hidrófilo	-	HS Fachadas B1-B2-B3
5	5*1	Cámara de aire	Ventilada	-	HS Fachadas B1-B2-B3
1.2	>1,5 cm	Revestimiento interior	Sin revestimiento Revestimiento con revoco sin aditivos Revestimiento con revoco con aditivos*2	CS II – W0 CS III – W0	
9.8		Paso de instalaciones	Bloques especiales de BT o ausencia de BT		

*2 Los tipos de aditivos se indican en las especificaciones generales.

Observaciones:

- La primera propuesta, ya descrita en uno de los casos de estudio de manera similar, propone el paso de las instalaciones entre las distintas capas. Eso hace que se atraviese el muro.
- Dada la dificultad de realización de rozas en el BT, se proponen piezas especiales para la circulación de las instalaciones.
- La reducción de la sección del muro debe ser comprobada con la normativa CTE DB SE-F apartado 4.6.6

Capítulo **8**

Conclusiones

8. CONCLUSIONES

Este capítulo contiene las conclusiones finales que dan respuesta a los objetivos generales y específicos planteados.

Uno de los objetivos generales de este trabajo era obtener criterios de viabilidad sobre el uso del BT y para ello, se ha desarrollado una herramienta denominada **Estudio de Viabilidad Constructiva (EVC)**. El funcionamiento de este instrumento está basado en el uso de indicadores cuantitativos y niveles de evaluación centrados en el muro como ámbito constructivo. El estudio ha sido explicado, concluyendo que es posible su utilización como soporte para el técnico en la elaboración de los proyectos arquitectónicos que empleen BT. Con todas las opciones mostradas en la herramienta, el técnico proyectista dispondrá de distintas formas de obtener ayuda para la toma de decisiones.

La **herramienta es versátil y flexible** y se sostiene por un robusto conjunto de indicadores y de un procedimiento de evaluación perfeccionado en iteraciones y validado con casos de estudios reales. Por ello la herramienta puede ser implementada con seguridad en otros casos de estudio no evaluados. Aunque los datos indicados en este EVC no son vinculantes a la decisión final tomada por el técnico, sólo a partir de la adaptabilidad de la herramienta, las **recomendaciones constructivas** aportadas en la finalización del proceso se posicionan como una adecuada propuesta de mejoras en la definición del elemento constructivo. El desarrollo de la herramienta podría extrapolarse a otros ámbitos constructivos en futuras investigaciones.

Otro de los objetivos generales de este trabajo era aportar **soluciones constructivas adecuadas** que pudieran contribuir en la definición de los proyectos arquitectónicos. Mediante su adaptación, las soluciones obtenidas pueden ser integradas en la descripción del sistema constructivo y en los pliegos de condiciones técnicas. Es por ello que complementarían la información utilizada tanto en licitaciones públicas como privadas. Además, estas propuestas suponen un avance en la adaptabilidad a la normativa de las distintas soluciones argumentando razones objetivas que impulsan el uso del BT en España.

Tanto el EVC como las soluciones constructivas aportadas se basan en las **determinaciones constructivas desarrolladas**. Estas muestran ciertas características ya conocidas del BT y han posibilitado el desarrollo de los indicadores que forman parte de la evaluación en el EVC y que aún no habían sido utilizados en la cons-

trucción con BT. Estos han sido agrupados en 3 bloques de estudio: **calidad del producto, requisitos constructivos y acciones externas**. Los indicadores podrían ser mejorados en la definición de sus niveles e intervalos con la aportación de más casos de estudio o incluso, empleados para la evaluación de otros aspectos como pueden ser el productivo, social, económico, la puesta en obra o rehabilitación.

En relación al bloque de estudio de la **calidad del producto**, con el desarrollo y validación del EVC se ha constatado que para el cumplimiento de las exigencias de un proyecto arquitectónico no es necesaria la definición de todos los ensayos indicados en normativa sobre el BT. Esta afirmación tiene connotaciones positivas dado que mediante la definición de las exigencias constructivas en cada proyecto y el análisis del mismo en el EVC será posible determinar qué ensayos son fundamentales. De esa manera, se podrá **evitar los sobrecostes en obra** por exceso de ensayos innecesarios o por el contrario, **localizar qué ensayos faltan por definir**. El EVC también posibilita conocer cuáles son los ensayos más comunes y ayudar al fabricante a conocer en cuáles debe invertir para obtener una mejor definición de su producto.

Respecto a los **requisitos constructivos y acciones externas**, estudios anteriores a esta investigación ya avalaban criterios sobre la dificultad de cumplimiento del BT al CTE en aspectos como el térmico por la necesidad de aislamientos adicionales, al ruido por falta de comprobaciones o salubridad, entre otros. Con la aplicación de la herramienta, se ha mostrado que **el uso del BT en un muro compuesto por varias capas facilita el cumplimiento de la normativa** vigente con respecto a los ensayos necesarios y a las exigencias constructivas. Si además está ubicado en el interior del cerramiento, las exigencias que deben ser cumplidas serán menores. Sin embargo, un muro definido por una única capa sigue siendo menos viable debido a la mayor definición de ensayos necesarios y la complejidad del cumplimiento de la normativa vigente. En definitiva, esta aportación sostiene que en función de la definición del ámbito constructivo y según las exigencias, el BT puede ser un producto competitivo en el mercado actual con las definiciones actuales. No obstante, la complejidad del cumplimiento normativo requerirá de una mayor demanda de comprobaciones del producto.

En los **casos de estudio analizados no se evidencia el uso o cumplimiento de normativa con respecto al adobe y mucho menos respecto al BTE**. De hecho, al no existir una normativa sobre el adobe en España, no hay documentos nacionales de referencia para los proyectos arquitectónicos, como igual ocurre para el BTE,

para el que además son pocas las normas o reglamentos internacionales que lo definen. Este hecho, se traslada y evidencia en una menor definición de ambos productos en el EVC debido a la falta de normativa. No obstante, la existencia de la norma UNE 41410:2010 posibilita una mayor definición cuando el uso es de BTC. Por esta razón se debería incluir el BT englobando tanto el BTC, adobe como BTC dentro del CTE que promuevan y difundan el uso del producto avalados por comprobaciones demostradas por ensayos a pesar del coste de los mismos. Con este supuesto, además de promover su difusión, se mejora la confianza del técnico en el uso de este producto poco conocido pero de gran interés por su bajo impacto ambiental.

Para obtener una visión crítica de la situación actual sobre el uso del BT y aportar respuestas adecuadas a la demanda actual, este trabajo ha contribuido a la localización de **inmuebles de nueva construcción** realizados con BT en España desde la entrada en vigor de la LOE, así como en el análisis del producto en los proyectos arquitectónicos de nueva edificación y las opiniones de los agentes intervinientes. Este análisis supone un avance específico sobre los inmuebles realizados con BT en España dado que con anterioridad al mismo, se habían realizado inventarios del producto dentro de la globalidad de la construcción con tierra.

Además, en este análisis se ha determinado que la definición y caracterización del BT en las fichas técnicas de los fabricantes localizados no es posible potenciarla debido al coste de los ensayos. Esto hace que, aunque la confianza de los usuarios sobre los valores del producto es plena, la producción actual no satisface las necesidades profesionales. Por ello, es necesario promover **el desarrollo de fichas técnicas ampliando más características del producto** de las ya conocidas dado que, en ocasiones, se limitan a aspectos concretos como puede ser la resistencia a compresión. También, es necesario mejorar la disponibilidad de las fichas a los técnicos redactores mediante la promoción y periódica actualización de los datos aportados.

Capítulo **9**

Futuras líneas de investigación

9. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Como consecuencia de esta investigación se han propuesto diferentes vías o posibilidades de trabajo que pueden ser desarrolladas:

- Realizar un estudio de viabilidad para los **aspectos productivos** que permitan evaluar la idoneidad en cuestiones como la adaptabilidad de un suelo para la producción de BT, la organización y capacidad de un centro de producción.
- Incorporar en la herramienta **el estudio de la viabilidad económico y temporal** del proyecto arquitectónico que compare las soluciones constructivas definidas en proyecto con su valor económico.
- Ampliar el estudio de viabilidad para incluir la **fase de puesta en obra**, y evaluar, entre otras, la capacidad de ejecución de la empresa constructora o los resultados de la ejecución en relación a las exigencias del proyecto.
- Considerar otros **ámbitos constructivos** para evaluar el comportamiento del BT en dichas posiciones no consideradas como, por ejemplo, en la cubierta o en particiones, entre otros, para su análisis y propuesta de detalles adecuados. Así mismo, mejorar partes del ámbito estudiado mediante la aportación de nuevos casos de estudio que sostengan el uso de dicho sistema, como por ejemplo, la cimentación con BT estabilizado.
- Ampliar y actualizar la **definición de los NET de los indicadores** con el aporte de nueva información sobre el producto.
- Desarrollar nuevos **criterios para el bloque de estudio de la calidad del producto** una vez se determinen normativas en España para el adobe y el BTE.
- Alcanzar una **mayor definición de los valores límites de los intervalos del GI** por medio de la incorporación de nuevos casos de estudio, en particular para los requisitos constructivos.
- Continuar con la **ampliación del inventario** iniciado con este trabajo y a su vez, implementar una estrategia clara para la obtención de datos de los inmuebles. De esta manera, se promovería una comparativa más objetiva entre las soluciones realizadas en cada uno.

- Adaptar la herramienta para la evaluación constructiva de obras de **restauración y rehabilitación** que ayuden a la toma de decisiones sobre las posibles intervenciones a realizar.

REFERENCIAS

Bibliografía general

- BESTRATEN, S., HORMÍAS, E., & ALTEMIR, A. (2011). Construcción con tierra en el siglo XXI, *Informes de la construcción*, 63(523), 5–20.
- BESTRATEN CASTELLS, S., & HORMIAS LAPERAL, E. (2012). Informes de la Construcción, Nº 523 monograph Earth as building material, a contemporary approach. In 1st International Conference on Rammed Earth Conservation, Restapia 2012 (Vol. Valencia, pp. 463–468). Universitat Politècnica de Catalunya, ETSAB, Barcelona, Spain.
- BRAUNGART, M. & MCDONOUGH, W. (2005). *Cradle to cradle (de la cuna a la cuna)*. Madrid: McGraw Hill.
- CID FALCETO, J., MAZARRÓN, F. R., & CAÑAS, I. (2011). Las normativas de construcción con tierra en el mundo. *Informes de La Construcción*, 63(523), 159–169.
- CORREIA, M., DIPASQUALE, L., MECCA, S., & AKERMANN, K. (2011). *Terra Europae: earthen architecture in the European Union*. Pisa: Edizioni ETS.
- CRAterre-ENSAG (2008). *Terra incognita: discovering and preserving european earthen architecture*. Ediciones Cultur-Lab.
- ECOhabitar: BIOCONSTRUCCIÓN, CONSUMO ÉTICO, PERMACULTURA, VIDA SOSTENIBLE. (2004). Olba, Teruel: Fundación Gea.
- HEATHCOTE, K. (2011). El comportamiento térmico de los edificios de tierra. *Informes de La Construcción*, 63(523), 117–126.
- HEATHCOTE, K. (1995). Durability of earthwall buildings. *Construction and Building Materials*, 9(3), 185–189.
- HOUBEN, H., & GUILLAUD, H. (2008). *Earth construction: a comprehensive guide*. Earth construction series. London: Intermediate Technology Publications.
- HOUBEN, H. (1995). *Traité de construction en terre*. Marseille: Parenthèses.
- JAUQUIN, P. (2012). *Earth building: history, science and conservation*. London: IHS BRE Pr.
- JIMÉNEZ, M. C., & CAÑAS, I. (2006). Earth building in Spain. *Construction and Building Materials*, 20(9), 679–690.
- KEEFE, L. (2005). *Earth Building. Methods and materials, repair and conservation*. NY: Taylor & Francis.
- KISAN, M., SANGATHAN, S., & NEHRU, J. (1993). *Earthquake Resistant Design and Construction of Buildings Code of Practice*. Bureau of Indian Standards, New Delhi.
- MALDONADO RAMOS, L., RIVERA GÁMEZ, D., & VELA COSSÍO, F. (2002). *Arquitectura y construcción con tierra: tradición e innovación*. Madrid: Mairera.
- MALDONADO RAMOS, L., & VELA COSSÍO, F. (2001). *Curso de construcción con tierra*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.
- MONJO CARRIÓ, J. (2007). Durabilidad vs Vulnerabilidad. *Informes de La Construcción*, 59(507), 43–58.
- MOREL, J. C., MESBAH, A., OGGERO, M., & WALKER, P. (2001). Building houses with local materials: means to drastically reduce the environmental impact of construction. *Building and Environment*, 36(10), 1119–1126.

- RODRÍGUEZ, M. A., MONTEAGUDO, I., SAROZA, B., NOLASCO, P., & CASTRO, Y. (2011). Aproximación a la patología presentada en las construcciones de tierra. Algunas recomendaciones de intervención. *Informes de La Construcción*, 63(523), 97–106.
- ROLÓN, G., & ROTONDARO, R. (2010). Empleo del método estratigráfico en el estudio de la vivienda rural vernácula construida con tierra. Un caso de aplicación en La Rioja, Argentina. *Arqueología de la Arquitectura*, 7, 2013–222.
- PACHECO-TORGAL, F., & JALALI, S. (2012). Earth construction: Lessons from the past for future eco-efficient construction. *Construction and Building Materials*, 29, 512–519.
- SORONIS, G. (1992). The problem of durability in building design. *Construction and Building Materials*, 6(4), 205–211.
- VÁZQUEZ, M. (2001). Construcción e impacto sobre el ambiente: el caso de la tierra y otros materiales. *Informes de La Construcción*, 52 (471), 29-43.
- WALKER, P. (2001). *The Australian Earth building handbook*. Sydney: Standards Australia International.
- ZAMI, M. S., & LEE, A. (2010). Economic benefits of contemporary earth construction in low-cost urban housing - State-of-the-art review. *Journal of Building Appraisal*, 5(3), 259–271.

Bibliografía específica

- ADAM, E., & AGIB, A. (2001). *Compressed Stabilised Earth Block Manufacture in Sudan*. Paris: UNESCO.
- AGUSTIN, M. & MELLACE, R. F., (2008). Sistema constructivo lamars, Vº SIACOT V Seminario iberoamericano de construcción con tierra. Iº SAACT I Seminario argentino de arquitectura y construcción con tierra, 14 al 17 de junio de 2006, Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, CRICYT – CONICET, Mendoza
- ALAVÉZ-RAMÍREZ, R., MONTES-GARCÍA, P., MARTÍNEZ-REYES, J., ALTAMIRANO-JUÁREZ, D. C., & GOCHIPONCE, Y. (2012). The use of sugarcane bagasse ash and lime to improve the durability and mechanical properties of compacted soil blocks. *Construction and Building Materials*, 34, 296–305.
- ANGULO-IBÁÑEZ, Q., MAS-TOMÁS, Á., GALVAÑ-LLOPIS, V., & SÁNTOLARIA-MONTESINOS, J. L. (2012). Traditional braces of earth constructions. *Construction and Building Materials*, 30, 389–399.
- ARIAS, L., LATINA, S., ALDERETE, C., MELLACE, R., SOSA, M., FERREYRA, I., & UNT, C. F. A. U. (2007). *Comportamiento térmico de muros de tierra en Tucumán, Argentina*. Agencia Nacional de Promoción científica y tecnológica, Tucumán.
- ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. (2005). *Manual para la rehabilitación de viviendas construidas con adobe y tapia pisada*.
- AUROVILLE EARTH INSTITUTE. (2005). *Earthquake resistant buildings with hollow interlocking blocks*. Aurville: UNESCO Chair Earthen Architecture.
- BAL, H., JANNOT, Y., QUENETTE, N., CHENU, A., & GAYE, S. (2012). Water content dependence of the porosity, density and thermal capacity of laterite based bricks with millet waste additive. *Construction and Building Materials*, 31, 144–150.
- BARBETA, G., PALAU, P., & NAVARRETE, E. (2012). Municipal school in Santa Eulalia de Ronçana, Barcelona, Spain. In 1st International Conference on Rammed Earth Conservation, RESTAPIA 2012 (Vol. Valencia, pp. 451–456). Universidad de Girona, Spain.

- BARBOSA, N., MATONNE, R., & MESBAH, A. (2002). Blocos de concreto de terra: Uma Opcao interessante para a sustentabilidade da construcao. In Proceeding of 44^o Congresso Brasileiro de Concreto, Belo Horizonte, Brazil.
- BESTRATEN CASTELLS, S., & HORMIAS LAPERAL, E. (2013). Bloques de tierra comprimida en el proyecto del centro de adultos de San José de Chiquitos, Bolivia. Construcción Con Tierra. Pasado, Presente Y Futuro. Congreso de Arquitectura de Tierra En Cuenca de Campos 2012.
- BINICI, H., AKSOGAN, O., BAKBAK, D., KAPLAN, H., & ISIK, B. (2009). Sound insulation of fibre reinforced mud brick walls. *Construction and Building Materials*, 23(2), 1035–1041.
- BINICI, H., AKSOGAN, O., & SHAH, T. (2005). Investigation of fibre reinforced mud brick as a building material. *Construction and Building Materials*, 19(4), 313–318.
- BUSON, M., LOPES, N., VARUM, H., SPOSTO, R. M., & REAL, P. V. (2013). Fire resistance of walls made of soil-cement and Kraftterra compressed earth blocks. *Fire and Materials*, 37 (7), 547-562.
- CIANCIO, D., JAQUIN, P., & WALKER, P. (2013). Advances on the assessment of soil suitability for rammed earth. *Construction and Building Materials*, 42(0), 40–47.
- CID FALCETO, J., MAZARRÓN, F. R., & CAÑAS, I. (2012). Assessment of compressed earth blocks made in Spain: International durability tests. *Construction and Building Materials*, 37, 738–745.
- CID FALCETO, J., FOUAD, A. W., RUIZ MAZARRÓN, R., & CAÑAS GUERRERO, I. (2011). Características mecánicas del BTC. Estudio de los ensayos a compresión. Construcción Con Tierra. Tecnología Y Arquitectura. Congresos de Arquitectura de Tierra En Cuenca de Campos 2010/2011.
- CLEMENTI, F., LENCI, S., & SADOWSKI, T. (2008). Fracture characteristics of unfired earth. *International Journal of Fracture*, 149(2), 193–198.
- CRATerre-EAG. (1998). Blocs de terre comprimée normes. CRATerre-EAG.
- DEBOUCHA, S., & HASHIM, R. (2011). A review on bricks and stabilized compressed earth blocks. *Scientific Research and Essays*, 6(3), 499–506.
- DÍAZ-PINÉS, F., JOVÉ SANDOVAL, F., MUÑOZ DE LA CALLE, D., & PAHINO RODRÍGUEZ, L. (2011). Prototipo de vivienda sostenible construida con muros de Bloque de Tierra Comprimida (y una reflexión sobre la tectónica). Construcción Con Tierra. Tecnología Y Arquitectura. Congresos de Arquitectura de Tierra En Cuenca de Campos 2010/2011.
- GALINDEZ, F. (2006). Aportes a la tecnología para la fabricación del BTC, Construir con tierra ayer y hoy: V Seminario Iberoamericano de Construcción con tierra; I Seminario Argentino de Arquitectura y Construcción con tierra, 14 al 17 de Junio de 2006, Mendoza, Argentina, 93-94.
- GARCÍA CASALS, X. (2003). Sostenibilidad (Embodied Energy) del BTC como solución Bioconstructiva en la Comunidad de Madrid. Universidad Pontificia de Comillas.
- GONZÁLEZ, M. J., SILVA, J., & VALBUENA, F. (2003). La tierra y el sol como elementos básicos de la arquitectura: las diez viviendas de Amayuelas de Abajo, Palencia, España = The Earth and the Sun like architectural basic elements: ten bioclimatic houses in Amayuelas de Abajo, Palencia, España. *Informes de La Construcción*, 55(486), 25–34.
- GONZÁLEZ SILVA, J., VALBUENA, F., M. (2003). La tierra y el sol como elementos básicos de la arquitectura: las diez viviendas de Amayuelas de Abajo, Palencia, España. *Informes de La Construcción*, 55(486).

- GOODARY, R., LECOMTE-NANA, G. L., PETIT, C., & SMITH, D. S. (2012). Investigation of the strength development in cement-stabilised soils of volcanic origin. *Construction and Building Materials*, 28(1), 592–598.
- GOODHEW, S., & GRIFFITHS, R. (2005). Sustainable earth walls to meet the building regulations. *Energy and Buildings*, 37(5), 451–459.
- GUERRERO BACA, L. F., ROUX GUTIERREZ, R. S., & LÓPEZ, S. (2010). Ventajas constructivas del uso de tierra comprimida y estabilizada con cal en México. Palapa. *Revista de Investigación Científica En Arquitectura*, 5(1), 45–57.
- GUETTALA, A., ABIBSI, A., & HOUARI, H. (2006). Durability study of stabilized earth concrete under both laboratory and climatic conditions exposure. *Construction and Building Materials*, 20(3), 119–127.
- GUIGOU FERNÁNDEZ, C. (2002). La Tierra como material de construcción. Tenerife: Colegio Oficial de Arquitectos de Canarias.
- GUILLAUD, H., JOFFROY, T., ODUL, P., & CRATERRE-EAG. (1995). *Blocs de terre comprimée. Volume II. Manuel de conception et de construction*. Deutsches Zentrum für Entwicklungstechnologien - GATE.
- HAKIMI, A., FASSI-FEHRI, O., BOUABID, H., CHARIF D'OUAZZANE, S., & EL KORTBI, M. (1999). Non-linear behaviour of the compressed earthen block by elasticity-damage coupling. *Materials and Structures/Materiaux et Constructions*, 32(221), 539–545.
- HEATH, A., MASKELL, D., WALKER, P., LAWRENCE, M., & FOURIE, C. (2012). Modern earth masonry - Structural properties & structural design. *Structural Engineer*, 90(4), 38–44.
- HEATH, A., WALKER, P., FOURIE, C., & LAWRENCE, M. (2009). Compressive strength of extruded unfired clay masonry units. *Proceedings of the ICE - Construction Materials*, 162(3), 105–112.
- Houben, H., Rigassi, V., & Garnier, P. (1996). *Blocs de terre comprimée. Équipements de production*. CRAterre-ENSAG.
- ILLAMPAS, R., CHARMPIS, D. C., & IOANNOU, I. (2014). Laboratory testing and finite element simulation of the structural response of an adobe masonry building under horizontal loading. *Engineering Structures*, 80, 362–376.
- JAYASINGHE, C., & KAMALADASA, N. (2007). Compressive strength characteristics of cement stabilized rammed earth walls. *Construction and Building Materials*, 21(11), 1971–1976.
- JAYASINGHE, C., & MALLAWAARACHCHI, R. S. (2009). Flexural strength of compressed stabilized earth masonry materials. *Materials and Design*, 30(9), 3859–3868.
- JIMÉNEZ DELGADO, M. C., & CAÑAS, I. (2007). The selection of soils for unstabilised earth building: A normative review. *Construction and Building Materials*, 21(2), 237–251.
- JOVÉ, F., HERNÁN, L., & SOLANO, J. (2013). Prototipo de vivienda construida con BTC Y caña gradua para su aplicación en la región de Manabi, Ecuador. *Construcción Con Tierra. Pasado, Presente Y Futuro*. Congreso de Arquitectura de Tierra En Cuenca de Campos 2012.
- JOVÉ SANDOVAL, F., & CAVERO, D. (2013). Comportamiento termodinámico de muros de BTC en función del clima. *Construcción Con Tierra. Pasado, Presente Y Futuro*. Congreso de Arquitectura de Tierra En Cuenca de Campos 2012.
- JOVÉ, F., MUÑOZ DE LA CALLE, D., & PAHÍNO RODRÍGUEZ, L. (2011). Ensayos de erosión hídrica sobre muros de tierra (fábrica de BTC). Método, resultados y discusión. *Construcción Con Tierra. Tecnología Y Arquitectura*. Congresos de Arquitectura de Tierra En Cuenca de Campos 2010/2011.

- JUÁREZ, L. A., CABALLERO, T., & MORALES, V. (2010). Ventajas del reforzamiento de muros de bloques de tierra compactados (BTC), como opción para el rescate de viviendas rurales. *Informes de La Construcción*, 62(518), 25–32.
- KERALI, A. G. (2005). In-service deterioration of compressed earth blocks. *Geotechnical and Geological Engineering*, 23(4), 461–468.
- KERALI, A. G., & THOMAS, T. H. (2002). Effect of mix retention and curing on low-cement walling blocks. *Building Research and Information*, 30(5), 362–366.
- LAWSON, W. D., KANCHARLA, C., & JAYAWICKRAMA, P. W. (2011). Engineering properties of unstabilized compressed earth blocks. In *Geo-Frontiers 2011: Advances in Geotechnical Engineering* (Vol. Dallas, TX, pp. 2679–2688).
- LENCI, S., CLEMENTI, F., & SADOWSKI, T. (2012). Experimental determination of the fracture properties of unfired dry earth. *Engineering Fracture Mechanics*, 87(0), 62–72.
- LIMA, S. A., VARUM, H., SALES, A., & NETO, V. F. (2012). Analysis of the mechanical properties of compressed earth block masonry using the sugarcane bagasse ash. *Construction and Building Materials*, 35, 829–837.
- MALDONADO RAMOS, L., CASTILLA PASCUAL, F., VELA COSSÍO, F., & RIVERA GÓMEZ, D. (2001). Rendimiento y coste energético en la construcción de cerramientos de fábrica de adobe y bloque de tierra comprimida. *Informes de La Construcción*, 53(473).
- MANSOUR, M. BEN, JELIDI, A., CHERIF, A. S., & JABRALLAH, S. BEN. (2016). Optimizing thermal and mechanical performance of compressed earth blocks (CEB). *Construction and Building Materials*, 104, 44–51.
- MAS, J. M., & C. KIRSCHBAUM, C. (2011). Ensayos de resistencia a la compresión de bloques de suelo cemento. *Informes de La Construcción*, 63(524), 43–48.
- MASKELL, D., HEATH, A., & WALKER, P. (2013). Laboratory scale testing of extruded earth masonry units. *Materials and Design*, 45, 359–364.
- MBUMBIA, L., MERTENS DE WILMARS, A., & TIRLOCQ, J. (2000). Performance characteristics of lateritic soil bricks fired at low temperatures: a case study of Cameroon. *Construction and Building Materials*, 14(3), 121–131.
- MCHENRY, P. G. (1984). *Adobe and rammed earth buildings: design and construction*. New York: The University of Arizona Press.
- MEUKAM, P., NOUMOWE, A., & DUVAL, Y. J. R. (2003). Thermophysical and mechanical characterization of stabilized clay bricks for building thermal insulation. *Materials and Structures*, 36(September), 453–460.
- MILETO, C., VEGAS, F., & CRISTINI, V. (2012). *Rammed Earth Conservation: Proceedings of the first International Conference on Rammed Earth Conservation, Restapia 2012, Valencia, Spain, 21-23 de June 2012*. Boca Ratón: CRC Press.
- MINKE, G. (2001). *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*. Forschungslabor für Experimentelles Bauen Universidad de Kassel, Alemania.
- MINKE, G. (2005). *Manual de construcción en tierra: la tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*. Ecohabitar.
- MOREL, J.-C., PKLA, A., & WALKER, P. (2007). Compressive strength testing of compressed earth blocks. *Construction and Building Materials*, 21(2), 303–309.

- MOREL, J. C., & PKLA, A. (2002). A model to measure compressive strength of compressed earth blocks with the "3 points bending test." *Construction and Building Materials*, 16(5), 303–310.
- MORTON, T. (2008b). *Earth Masonry: Design and construction guidelines*. IHS BRE Pr.
- NGOWI, A. B. (1997). Improving the traditional earth construction: a case study of Botswana. *Construction and Building Materials*, 11(1), 1–7.
- OGUNYE, F. O., & BOUSSABAIN, H. (2002a). Development of a rainfall test rig as an aid in soil block weathering assessment. *Construction and Building Materials*, 16(3), 173–180.
- OGUNYE, F. O., & BOUSSABAIN, H. (2002b). Diagnosis of assessment methods for weatherability of stabilised compressed soil blocks. *Construction and Building Materials*, 16(3), 163–172.
- OLUKOYA OBAFEMI, A. P., & KURT, S. (2016). Environmental impacts of adobe as a building material: The north cyprus traditional building case. *Case Studies in Construction Materials*, 4, 32–41.
- P. GATANI, M. (2000). Ladrillo de suelo-cemento: mampuesto tradicional en base a un material sostenible. *Informes de La Construcción*, 51(466).
- PACHECO TORGAL, F., & JALALI, S. (2011). *Eco-efficient Construction and Building Materials*. London: Springer-Verlag London Limited.
- PARK, K., MONITORING, D., MORTON, T., STEVENSON, F., TAYLOR, B., & SMITH, N. C. (2005). Low Cost Earth Brick Construction. Arc, Chartered Architects.
- PARRA-SALDIVAR, M. L., & BATTY, W. (2006). Thermal behaviour of adobe constructions. *Building and Environment*, 41(12), 1892–1904.
- REDDY, B. V. V., & GUPTA, A. (2006). Strength and elastic properties of stabilized mud block masonry using cement-soil mortars. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 18(3), 472–476.
- REMAN, O. (2004). Increasing the Strength of Soil for Adobe Construction. *Architectural Science Review*, 47(4), 373–386.
- RIGASSI, V., & CRATERRE-EAG. (1995). Blocs de terre comprimée. Volume I. Manuel de production. Deutsches Zentrum für Entwicklungstechnologien - GATE.
- RODRÍGUEZ, M. A., & SAROZA, B. (2006). Identificación de la composición óptima del adobe como material.pdf, 56, 53–62.
- ROMERO, A. & VELA, A. (2012). Earth constructive systems in northeastern Segovian domestic architecture. In 1st International Conference on Rammed Earth Conservation, RESTAPIA 2012 (Vol. Valencia, pp. 575-580).
- ROMERO GIRÓN, A., RODRÍGUEZ GARCÍA, R., CANIVELL, J., & GONZÁLEZ SERRANO, A. (2014). Iniciación Al Análisis Del Cumplimiento Del Código Técnico De La Edificación Mediante El Empleo Del Btc Como Material De Construcción. *Construcción Con Tierra. Patrimonio Y Vivienda. X CIATTI 2013.*, 295–306.
- ROUX GUTIERREZ, R. S., & OLIVARES SANTIAGO, M. (2002). Utilización De Ladrillos De Adobe Estabilizados Fibra De Coco, Para Muros De Carga En Tampico (Use of the Adobe Bricks Stabilized With 6 % Portland Cement and Reinforced With Cocnut Fibers for Loadbearing Walls in Tampico). *Informes de la Construcción*, 53(478), 39–50.
- RUSSELL, S. R., & BUCHTER, J. (2011). Waste clay as a green building material. 2011 International Conference on Civil Engineering and Building Materials, CEBM 2011.
- SÁINZ, J. L., & JOVÉ, F. (2013). Construcción con tierra: pasado, presente y futuro: Congresos de arquitectura de tierra en Cuenca de Campos 2012. Valladolid: Universidad de Valladolid.

- SALAS, J. (1986). La tierra, material de construcción. *Informes de La Construcción*, 66.
- SALVADOR, R., & GUTIERREZ, R. (2010). *Los bloques de tierra comprimida (BTC) en las zonas húmedas. Arquitectura y urbanismo*. Madrid: Plaza y Valdés.
- SANTIBÁÑEZ, J., & ORTEGA, C. (2010). Puesta en marcha de una empresa elaboradora de adobes y bloques de tierra compactada en Amayuelas de Arriba, Palencia. *Arquitectura Construida En Tierra, Tradición E Innovación. Congresos de Arquitectura de Tierra En Cuenca de Campos 2004/2009*.
- SAROZA, B., RODRIGUEZ, M., MENÉNDEZ, J., & BARROSO, I. (2008). Estudio de la resistencia a compresión simple del adobe elaborado con suelos procedentes de Crescencio Valdés, Villa Clara, Cuba. *Informes de La Construcción*, 60, 41–47.
- SEISDEDOS, J. (2010). Unidad de producción de bloques de tierra comprimida - BTC. *Arquitectura Construida En Tierra, Tradición E Innovación. Congresos de Arquitectura de Tierra En Cuenca de Campos 2004/2009*.
- SILVEIRA, D., VARUM, H., COSTA, A., MARTINS, T., PEREIRA, H., & ALMEIDA, J. (2012). Mechanical properties of adobe bricks in ancient constructions. *Construction and Building Materials*, 28(1), 36–44.
- VAN DAMME, H., & HOUBEN, H. (2017). Earth concrete. Stabilization revisited. *Cement and Concrete Research*. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2017.02.035>
- VARUM, H., COSTA, A., FONSECA, J., & FURTADO, A. (2015). Behaviour Characterization and Rehabilitation of Adobe Construction. *Procedia Engineering*, 114, 714–721.
- VARUM, H., & MASOOD RAFI, M. (2017). Seismic performance of adobe construction. *Sustainable and Resilient Infrastructure*, 2(1), 8–21.
- VENKATARAMA REDDY, B. V. (2005). Characteristics of cement-soil mortars. *Materials and Structures*, 38(280), 639–650.
- VENKATARAMA REDDY, B. V., & JAGADISH, K. S. (1987). Spray erosion studies on pressed soil blocks. *Building and Environment*, 22(2), 135–140.
- VENKATARAMA REDDY, B. V., & PRASANNA KUMAR, P. (2011). Cement stabilised rammed earth. Part B: compressive strength and stress–strain characteristics. *Materials and Structures*, 44(3), 695–707.
- VILLAMIZAR, M. C. N., ARAQUE, V. S., REYES, C. A. R., & SILVA, R. S. (2012). Effect of the addition of coal-ash and cassava peels on the engineering properties of compressed earth blocks. *Construction and Building Materials*, 36, 276–286.
- WALKER, P. (1995). Strength, durability and shrinkage characteristics of cement stabilised soil blocks. *Cement and Concrete Composites*, 17(4), 301–310.
- WALKER, P., & STACE, T. (1997). Properties of some cement stabilised compressed earth blocks and mortars. *Materials and Structures/Materiaux et Constructions*, 30(203), 545–551.
- WILLIAMS, C., GOODHEW, S., & GRIFFITHS, R. (2011). The flexural strength of earth-block masonry for sustainable walling. *Structural Survey*, 29(1), 46–62.
- WILLIAMS, C., GOODHEW, S., GRIFFITHS, R., & WATSON, L. (2010). The feasibility of earth block masonry for building sustainable walling in the United Kingdom. *Journal of Building Appraisal*, 6(2), 99–108.
- ZINE-DINE, K., BOUABID, H., EL KORTBI, M., CHARIF-D'OUAZZANE, S., HAKIMI, A., EL HAMMOUMI, A., & FASSI-FEHRI, O. (2000). Rheology of walls in compressed earth blocks in uniaxial compression: Study et modelling. *Materials and Structures/Materiaux et Constructions*, 33(232), 529–536.

Indicadores

FERNÁNDEZ LATORRE, F. (2006). *Indicadores de sostenibilidad y medio ambiente: métodos y escala*. Consejería de Medio Ambiente y ordenación del territorio. Junta de Andalucía.

GARCÍA NAVARRO, J., MAESTRO MARTÍNEZ, L., HUETE FUERTES, R., & GARCÍA MARTÍNEZ, A. (2009). Settings for sustainability indicators in mining landscapes: The mining Valley of Lacia (León, Spain). *Informes de La Construcción*, 61(514), 51–70.

PITA LOPEZ, M., AGUILAR ALBA, M., & CAMARILLO NARANJO, J. (1998). *Propuesta de Sistema de Indicadores Climático Ambientales para Andalucía*. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.

RUEDA, S. P. (2006). *Plan Especial de Indicadores de Sostenibilidad Ambiental de la Actividad Urbanística de Sevilla*. Ayuntamiento de Sevilla.

Normativa

AENOR. (2001). UNE 14042:2000 Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Evaluación de impacto del ciclo de vida.

AENOR. (2008a). UNE-ISO/TS 21931-1 IN Sostenibilidad en construcción de edificios. Marco de trabajo para los métodos de evaluación del comportamiento medioambiental de los trabajos de construcción. Parte 1: Edificios. Modificada por

AENOR. (2008b). UNE 41410:2008 Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo.

AENOR. (2011). UNE-ISO/TS 21929-1 Sostenibilidad en construcción de edificios. Indicadores de sostenibilidad. Parte 1: Marco para el desarrollo de indicadores para edificios.

AENOR. (2010). UNE - ISO 21930 Sostenibilidad en la construcción de edificios. Declaración ambiental de productos de construcción.

ASTM E2392-10 EARTHEN WALLS (2010). Standard guide for design of earthen wall building systems, 1–10. USA.

ICG. (2006). Normas E.080 - Adobe, 7. Perú.

ICONTEC. (2005). NTC 5324. Norma técnica colombiana. Bloques de suelo cemento para muros y divisiones. Definiciones. Especificaciones. Métodos de ensayo. Condiciones de entrega.

MINISTERIO DE FOMENTO (1999). Ley de Ordenación de la Edificación (Ley 38/1999). Boletín Oficial Del Estado. España.

MINISTERIO DE FOMENTO (2007). CTE. Boletín Oficial Del Estado. España.

EBANZ (1998). NZS 4297 Engineering design of earth buildings. Nueva Zelanda.

EBANZ (1998). NZS 4298 Materials and workmanship for earth buildings. Nueva Zelanda.

EBANZ (1998). NZS 4299 Engineering design not requiring specific design. Nueva Zelanda.

AENOR. UNE-EN 772-1:2011+A1:2016 Métodos de ensayo de piezas para fábrica de albañilería. Parte 1: Determinación de la resistencia a compresión.

AENOR. UNE-EN 13501-1:2007+A1:2010 Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación. Parte 1: Clasificación a partir de datos obtenidos en ensayos de reacción al fuego.

AENOR. UNE 23727: 1990 Ensayos de reacción al fuego de los materiales de construcción. Clasificación de los materiales utilizados en la construcción.

AENOR. UNE-EN 13501-2:2009+A1:2010. Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación. Parte 1: Clasificación a partir de datos obtenidos en ensayos de reacción al fuego.

AENOR. UNE-EN 13501-3:2007+A1:2010. Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación. Parte 3: Clasificación a partir de datos obtenidos en ensayos de resistencia al fuego de productos y elementos utilizados en las instalaciones de servicio de los edificios: Conductos y compuertas resistentes al fuego

AENOR. UNE-EN 13501-4:2007+A1:2010 . Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación. Parte 4: Clasificación a partir de datos obtenidos en ensayos de resistencia al fuego de componentes de sistemas de control de humo.

AENOR. UNE-EN 13501-5:2007+A1:2010. Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación. Parte 5: Clasificación a partir de datos obtenidos en ensayos de cubiertas ante la acción de un fuego exterior.

AENOR. UNE-EN 13501-6:2007+A1:2010. Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación. Parte 6: Clasificación a partir de datos obtenidos en ensayos de reacción al fuego de cables eléctricos.

AENOR. UNE EN 1363-1: 2015 Ensayos de resistencia al fuego. Parte 1: Requisitos generales.

AENOR. UNE EN 1363-2: 2000 Ensayos de resistencia al fuego. Parte 2: Procedimientos alternativos y adicionales.

AENOR. UNE EN 1365-1: 2016 Resistencia al fuego de elementos portantes. Parte 1: Paredes.

AENOR. UNE EN ISO 10 456:2001 Building materials and products - Hygrothermal properties - Tabulated design values and procedures for determining declared and design thermal values.

AENOR. UNE-EN 1745:2013. Fábrica de albañilería y componentes para fábrica. Métodos para determinar las propiedades térmicas.

AENOR. UNE EN 29053:1994. Acústica. Materiales para aplicaciones acústicas. Determinación de la resistencia al flujo de aire.

AENOR. UNE-EN ISO 12572-1:2017. Hygrothermal performance of building materials and products - Determination of water vapour transmission properties - Cup method.

Tesis doctorales y Trabajos final de máster

BARBETA SOLÀ, G. (2010). Mejora de la tierra estabilizada en el desarrollo de una arquitectura sostenible hacia el siglo XXI. (F. Gomà Ginesta, Ed.). Universitat Politècnica de Catalunya. Departament de Construccions Arquitectòniques I, Barcelona.

- CANIVELL, J. (2011). Metodología de Diagnóstico y Caracterización de Fábricas Históricas de Tapia. Universidad de Sevilla, Departamento de Construcciones Arquitectónicas II, Sevilla.
- CARCEDO FERNÁNDEZ, M. (2012). Resistencia a compresión de bloques de tierra comprimida estabilizada con materiales de sílice de diferente tamaño de partícula. E.U. de Arquitectura Técnica (UPM), Madrid.
- CID FALCETO, J. (2012). Durabilidad de los bloques de tierra comprimida: Evaluación y recomendaciones para la normalización de los ensayos de erosión y absorción. E.T.S.I. Agrónomos (UPM), Madrid.
- GARCÍA MARTÍNEZ, A. (2010). Análisis del Ciclo de Vida de Edificios. Propuesta metodológica para la elaboración de Declaraciones Ambientales de Viviendas en Andalucía, Universidad de Sevilla.
- GONZÁLEZ SERRANO, A.M. (2015). Revocos de tierra cruda: Especificaciones técnicas para el empleo de morteros preparados de arcillas en construcción. Universidad de Sevilla.
- GUILLÉN MARZAL, P. (2015). Arquitectura de tierra de nueva planta. Estudio de limitaciones constructivas. Universidad Politécnica de Valencia.
- MASKELL, D. (2013). Development of stabilised extruded earth masonry units submitted. University of Bath.
- MOSQUERA ARANCIBIA, P. (2013). Medida de la conductividad térmica con el método de la aguja térmica, basado en la fuente de calor transitorio, para su aplicación en los cerramientos de adobe y bloques de tierra comprimida. Universidad Politécnica de Madrid.
- VELOSO DOMINGUES, R.M. (2015). Avaliação do potencial económico de implementação da construção em BTC. Universidad de Minho.
- YUSTE, B. (2009). Arquitectura de tierra. Universitat Politècnica de Catalunya. Departament de Construccions Arquitectòniques I, Barcelona.

Proyectos de investigación

- REPORT, F. (2012). Pirate - ECVET Earth building Units of Learning outcomes with criteria and indicators for assessment, for 3 EQF levels.
- UNESCO. (2012). Inventory of World Heritage Earthen Architecture.

Enlaces de información general

- <http://craterre.org>
- www.uva.es/grupotierra
- www.ideo.es/ (Junio 2016)
- <http://info.igme.es/visorweb/> (Junio 2016)
- www.ideoandalucia.es/catalogo/inspire/apps/busador/ (Junio 2016)

Enlaces de proyectos europeos

- <http://pirate.greenbuildingtraining.eu/public/es>
- www.restapia.org

Enlaces de información sobre BT y maquinaria

www.earth-auroville.com
www.adoberadelnorte.com
www.cannabric.com
www.solbloc.es
www.bioterre.es
www.hyperbrick.com
www.oskam-vf.com

Otros productos

www.keim.es
www.ecopinttors.com
www.knaufinsulation.es
www.danosa.com
www.basf.com

Casos de estudio – Agentes de la edificación restantes.

www.espacio800.com
<http://jebens-architecture.eu>
<http://pedrobelarq.blogspot.com.es>
www.ecocreamos.com
<http://www.casaalternativapuig.com>
<http://davidpradasruiz.blogspot.com.es>
<http://www.ceetydes.org>

Proyectos de ejecución y artículos técnicos de los casos de estudio

BARBETA, G. (2014). Escuela Municipal de Ronçana. Flyers del estudio de arquitectura.

BRÜMMER, M. (2005). Proyecto de vivienda unifamiliar aislada con cochera, Almería.

MATEO-SAGASTA, A. (2008). Rehabilitación de Casa Cortijo en el Hornillo. Almería.

RAMOS, E. (2011). Proyecto Tierra – Passivhaus de BTC en Llutmajor, Mallorca.

PEÑALVA, F. & ORTEGA, J, (2005). Proyecto básico y de ejecución de vivienda unifamiliar entre medianeras.

SEISDEDOS, J. (varios). Definición de los casos de estudios de la Comunidad de Madrid.

VALERO, P. (2016). Biovalle. Edificio prototipo en Salinas, Alicante

VELA, I. & Díez, F. (2003). Vivienda unifamiliar en Renedo de la Vega (Palencia)

Proyecto de rehabilitación de vivienda unifamiliar, Dos Hermanas, Sevilla.

LISTADO DE TABLAS Y FIGURAS

Tablas

Tabla 1. Código Técnico de la edificación. Fuente: (Ministerio de Fomento 2007b; Romero Girón et al. 2014). Elaboración propia.	54
Tabla 2. Extracto del inventario de inmuebles. Fuente: Elaboración propia.	59
Tabla 3. Casos de estudio. Fuente: Elaboración propia.	62
Tabla 4. Relación entre los fabricantes y los casos de estudio analizados. Fuente: Elaboración propia.	64
Tabla 5. Identificación de la ficha técnica del producto. Fuente: Elaboración propia.	65
Tabla 6. Disponibilidad de documentación acorde al CTE. Fuente: Elaboración propia.	65
Tabla 7. Cumplimiento de las exigencias mínimas. Fuente: Elaboración propia.	65
Tabla 8. Coeficientes de minoración. Fuente: (Bestraten et al. 2011).	76
Tabla 9. Exigencias de seguridad estructural. Fuente: (Ministerio de Fomento 2007b; Aenor 2008b). Elaboración propia.	76
Tabla 10. Características exigibles para la exigencia de Ahorro de energía. Fuente: (Ministerio de Fomento 2007b; Aenor 2008b). Elaboración propia.	80
Tabla 11. Catálogo de elementos constructivos CTE. Fuente: (Ministerio de Fomento 2007b).	81
Tabla 12. Densidad frente a conductividad. Fuente: (Heathcote 2011).	81
Tabla 13. Relación entre densidad y conductividad entre el adobe y el BTC hecho de manera manual. Fuente: (Heathcote 2011).	82
Tabla 14. Características exigibles según DB HR. Fuente: (Ministerio de Fomento 2007a).	83
Tabla 15. Comparativa entre distintos materiales de la densidad y los decibelios. Fuente: (Bestraten et al. 2011)	84
Tabla 16. Absorción acústica en muros de BTC. Fuente: (Morton 2008a).	84
Tabla 17. Características y métodos de ensayo exigibles al producto según CTE y UNE. Elaboración propia.	86
Tabla 18. Relación de códigos de los casos de estudio y sus características. Fuente: Elaboración propia.	95
Tabla 19. Casuística de tipos de muros en función de la posición del BT, del uso del inmueble y si posee revestimiento. Elaboración propia.	111
Tabla 20. Tolerancias. Fuente: (Walker 2001).	119
Tabla 21. Ejemplo de ensayo de planeidad de las caras elaborado para los modelos MAD-001 a MAD-006 y realizados por la Universidad Pública de Navarra. Fuente: Jorge Seisdedos- Habitat Tierra.	122
Tabla 22. Tipos de acciones. Elaboración propia.	151

Tabla 23. Tabla de bloque de estudio: Calidad del producto. Elaboración propia.	167
Tabla 24. Tabla de bloque de estudio: Requisitos constructivos. Elaboración propia.....	168
Tabla 25. Tabla de bloque de estudio: Acciones externas. Elaboración propia.....	168
Tabla 26. Esquema de la asignación de los NET. Ejemplo de uno de ellos. Fuente: Elaboración propia.	177
Tabla 27. Definición de los grados de idoneidad. Fuente: Elaboración propia.	180
Tabla 28. Definición de los datos de partida clasificados en los bloques de estudio. Fuente: Elaboración propia.	182
Tabla 29. Definición de los datos de partida para la calidad del producto. Fuente: Elaboración propia.	182
Tabla 30. Definición de los datos de partida para los requisitos constructivos. Fuente: Elaboración propia.	183
Tabla 31. Definición de los datos de partida para las acciones externas. Fuente: Elaboración propia.	184
Tabla 32. Estructura de los indicadores. Elaboración propia.....	187
Tabla 33. Resultados de los expertos para la relación entre los ámbitos del muro y los indicadores del bloque de estudio de los requisitos constructivos. Fuente: Elaboración propia.	236
Tabla 34. Coeficientes de ponderación para el bloque de los requisitos constructivos. Fuente: Elaboración propia.	237
Tabla 35. Porcentajes. Coeficientes de ponderación de las acciones externas. Fuente: Elaboración propia.	238
Tabla 36. Desarrollo de los niveles en un caso de estudio SEV-002. Fuente: Elaboración propia.....	241
Tabla 37. Relación entre las combinaciones de indicadores posibles y los ámbitos del elemento constructivo en los que se aplica.	243
Tabla 38. Obtención del valor del NETP. Descripción de su disminución en función de las combinaciones. Fuente: Elaboración propia.....	247
Tabla 39. Indicadores de la calidad del producto y las exigencias del proyecto arquitectónico conforme a la UNE 41410:2008. Fuente: (Aenor 2008b). Elaboración propia.....	256
Tabla 40. Valores de los grados de idoneidad para los ámbitos del elemento constructivo y cada bloque de estudio. Fuente: Elaboración propia.	257
Tabla 41. Intervalos. Fuente: Autor.	259
Tabla 42. Valores obtenidos. Fuente: Autor.	259
Tabla 43. Recomendaciones y soluciones constructivas para los grados de idoneidad. Fuente: Elaboración propia.	261
Tabla 44. Entrada de datos del Caso BAR-001 – Caso inicial. Fuente: Elaboración propia.	275

Tabla 45. Asignación de valores NET. Fuente: Elaboración propia.	278
Tabla 46. Resultados de los NETP y GI de BAR-001.	280
Tabla 47. 1º Evaluación BAR-001.	281
Tabla 48. Resultados de la 2º evaluación. Exigencias del proyecto arquitectónico. Fuente: Elaboración propia.	282
Tabla 49. Grados de idoneidad de BAR-001.	283
Tabla 50. Determinación de NET para la hipótesis de modificación de la calidad del producto. Fuente: Elaboración propia.	285
Tabla 51. Resultados de exigencias necesarias en el proyecto arquitectónico para la hipótesis de la modificación de la calidad del producto. Fuente: Elaboración propia.	285
Tabla 52. NET del caso con modificaciones estructurales en los requisitos constructivos. Fuente: Elaboración propia.	286
Tabla 53. GI para el caso de la Tabla 52. Fuente: Elaboración propia.	287
Tabla 54. GI para los parámetros marcados en el caso hipotético. Elaboración propia.	287
Tabla 55. GI para valores 2 en la lluvia y el viento. Fuente: Elaboración propia.	289
Tabla 56. GI para NET con valor 2 en la lluvia, viento, temperatura y ambiente. Fuente: Elaboración propia.	289
Tabla 57. GI para NET con valor 2 en todo lo indicado en la tabla 56 y humedad del ambiente. Fuente: Elaboración propia.	289
Tabla 58. Comparativo entre BT y ladrillo cerámico en la calidad del producto. Fuente: Elaboración propia.	290
Tabla 59. Comparativo BT y ladrillo cerámico en los requisitos constructivos. Fuente: Elaboración propia.	291
Tabla 60. Comparativo BT y ladrillo cerámico en las acciones externas. Fuente: Elaboración propia.	292
Tabla 61. NET de la calidad del producto entre casos de estudio e indicadores.	296
Tabla 62. Nº de veces que se repiten los NET de calidad del producto. Fuente: Elaboración propia.	298
Tabla 63. Nº de veces que se repiten los NET. Fuente: Elaboración propia.	299
Tabla 64. NET en las acciones externas. Fuente: Elaboración propia.	301
Tabla 65. Resultados de la 1º Evaluación para todos los casos de estudio. Fuente: Elaboración propia.	304
Tabla 66. Resultados de las exigencias solventadas en la 2º Evaluación para el bloque de estudio de la Calidad del producto. Fuente: Elaboración propia.	307
Tabla 67. Comparativa entre los NET y los resultados de las exigencias. Exigencias con NET. Calidad del producto.	309

Tabla 68. Grados de idoneidad de los casos de estudio. 1º parte. Fuente: Elaboración propia.....	313
Tabla 69. Grados de idoneidad para los casos de estudio. Fuente: Elaboración propia.	314
Tabla 70. Nº de veces que se obtienen los grados de idoneidad para los distintos ámbitos de trabajo.	316
Tabla 71. Soluciones constructivas comunes empleadas en los casos de estudio.....	318
Tabla 72. Denominación de los detalles constructivos. Fuente: Elaboración propia.	319
Tabla 73. Códigos y designaciones de los elementos constructivos de los detalles.	319
Tabla 74. Ejemplo sobre las especificaciones en los detalles constructivos.	320
Tabla 75. Designación de los morteros en función de las prestaciones según el CTE HS-1. Fuente: Asociación nacional de fabricantes de mortero. España.....	322
Tabla 76. Organismos y asociaciones en España. Fuente: (Jiménez & Cañas 2006; Canivell 2011; Anon 2004). Elaboración propia.	395
Tabla 77. Organismos y asociaciones en España. Fuente: (Canivell, 2011; Ecohabitar, 2004). Elaboración propia.	396
Tabla 78. Líneas de investigación sobre el BT. Fuente: Elaboración propia.	400
Tabla 79. Normativa de BT internacional. Fuente: (Cid et al. 2011; Jiménez & Cañas 2006). Elaboración propia.	411
Tabla 80. Diferencias entre los productos. Imagen: (Maldonado Ramos et al. 2001)	420
Figuras	
Figura 1. Arquitectura doméstica en Tierra de Campos (Castilla y León). Fuente: Autor.....	22
Figura 2. Clasificación de los productos con tierra. Fuente: (Houben & Guillaud 2008).	24
Figura 3. Prensa manual. Fuente: Solbloc S.L.	28
Figura 4. Adobes en obra. Fuente: Pedro Bel Anzue.....	28
Figura 5. Metodología. Fuente: Autor.....	40
Figura 6. Encuadre de los casos de estudio en el procedimiento. Fuente: Autor.	45
Figura 7. Esquema del procedimiento de análisis de agentes e inmuebles relacionados con el BT. Fuente: Elaboración propia.	46
Figura 8. Ficha de campo. Fuente: Elaboración propia.....	49
Figura 9. Encuesta on line. Fuente: Autor.	51
Figura 10. Edificaciones con BT. Fuente: Ministerio de Fomento. Elaboración propia.....	60
Figura 11. Fabricantes en España. Fuente: Autor. Ministerio de Fomento. Elaboración propia.	61

Figura 12. Razones por las que no se han desarrollado las exigencias mínimas. Fuente: Elaboración propia.	66
Figura 13. Razón del uso del producto en el proyecto. Fuente: Elaboración propia.	67
Figura 14. Documentación utilizada por los técnicos proyectistas. Fuente: Elaboración propia.	67
Figura 15. Facilidad de documentación sobre el producto. Fuente: Elaboración propia.	68
Figura 16. Detalles constructivos utilizados. Fuente: Elaboración propia.	69
Figura 17. Ventajas del uso del bloque en la intervención. Fuente: Elaboración propia.	70
Figura 18. Inconvenientes en obra del uso del BT. Fuente: Elaboración propia.	71
Figura 19. Cerramiento compuesto por varias capas (PAL-002) Fuente: Ignacio Vela Ciudad, Arquitecto del caso de estudio. Elaboración propia.	91
Figura 20. Composición del muro y hueco. PAL-003. Fuente: Jon Santibáñez. Elaboración propia.	91
Figura 21. Anclajes en fachada (BAR-002). Fuente: David Pradas y Gabi Barbetá. Elaboración propia.	92
Figura 22. ALM-001. Composición de dos hiladas de BT. Fuente: Almudena Mateo-Sagasta. Elaboración propia.	93
Figura 23. Composición del muro trombe MAD-007. Esta solución no se llegó a ejecutar. Fuente: Jorge Seisdedos.	93
Figura 24. BTC hacia el exterior. MAD-005. Fuente: Jorge Seisdedos. Elaboración propia.	94
Figura 25 MAD-002, MAD-003 y MAD-004. Fuente: Jorge Seisdedos.	97
Figura 26. Sobrecimentación SEV-001. Fuente: Imagen propia.	99
Figura 27. Cimentación y base del muro (SEV-002). Fuente: Autores del proyecto arquitectónico. Elaboración propia.	99
Figura 28. Base del muro. BAR-002. Fuente: Gabriel Barbetá y David Pradas Ruiz. Elaboración propia.	100
Figura 29. Base del muro. ALM-001. Lámina con EPDM. Fuente: Almudena Mateo-Sagasta. Elaboración propia.	100
Figura 30. Elevación del muro por medio de bloques cerámicos. BAL-001. Fuente: Eduardo Ramos (Ecocreamos).	101
Figura 31. Elevación del BT. MAD-002. Utilización de ladrillo cerámico. Fuente: Jorge Seisdedos.	101
Figura 32. Base del muro. PAL-002. BT por el interior y apoyado en la solera. Fuente: Ignacio Vela Ciudad. Elaboración propia.	102
Figura 33. Huecos ALM-001. Dintel de hormigón prefabricado. Fuente: Almudena Mateo-Sagasta. Elaboración propia.	103
Figura 34. Hueco ZAR-002. Dintel de madera que sobrepasa las dimensiones del hueco. Fuente: Petra Jebens-Zirkel.	103

Figura 35. Hueco con BT. ALM-001. Fuente: Almudena Mateo-Sagasta.	104
Figura 36. Premarco con anclaje a las jambas. Fuente: Jon Santibáñez.	104
Figura 37. Huecos SEV-002. Alféizar de pieza cerámica con goterón. Fuente: Imagen propia.	105
Figura 38. Fachada Sur. Hueco. BAR-002. Fuente: Gabriel Barbetá – David Pradas Ruiz. Elaboración propia.	105
Figura 39. Fachada Norte. Hueco. BAR-002. Fuente: Gabriel Barbetá – David Pradas Ruiz. Elaboración propia.	106
Figura 40. Ducha. SEV-002. Fuente: Autor.	107
Figura 41. Coronación ZAR-002 y HUE-001. Apoyo en viga perimetral de hormigón armado de la cubierta. Fuente: Petra Jebens- Zirkel.	108
Figura 42. Coronación. SEV-002. Detalle del apoyo de cubierta con muros de carga. Fuente: Autores del proyecto. Elaboración propia.	109
Figura 43. Coronación. ALM-001. Enlace con forjado de cubierta. Fuente: Almudena Mateo-Sagasta. Elaboración propia.	109
Figura 44. Coronación. PAL-002. Apoyo de la cubierta en estructura independiente al cerramiento. Fuente: Ignacio Vela Ciudad.	110
Figura 45. Protección efectiva. MAD-002. Cubierta volada.	110
Figura 46. Bloques especiales: Heicon. Bloque macizo con rebaje entero y Mattone. Fuente: www.heicon.com.co y (Aenor 2008b).	117
Figura 47. Despiece en planta de los bloques tipo 295 de Auroville. Fuente: (Auroville Earth Institute 2005).	118
Figura 48 Muro y aparejo. Fuente: Cannabric. La Tenada (Almería).	119
Figura 49. Espesor con doble hilada (ZAR-001). Fuente: Pedro Bel Anzue.	120
Figura 50. Comparativa entre normativas y ensayos de resistencia mecánica. Fuente: (Cid Falceto et al. 2011).	125
Figura 51. Tasa inicial de absorción de las muestras tomadas por Cid Falceto. Fuente: (Falceto, 2012).	127
Figura 52. Resultados de ensayo de absorción total. Fuente: Jorge Seisdedos.	127
Figura 53. Decisión sobre la estabilización y los límites de plasticidad. Fuente: (Pacheco Torgal & Jalali 2011).	133
Figura 54. Vivienda en Renedo de la Vega (PAL-002) realizada con estructura de hormigón armado. Fuente: Imagen propia.	135
Figura 55. Vivienda unifamiliar en Llutmajor (BAL-001) con muros portantes. Fuente: Eduardo Ramos (Ecocreamos).	135
Figura 56. Cargas concentradas. Fuente: (Anon 1998a).	¡Error! Marcador no definido.

Figura 57. Huecos. Fuente: (Guillaud et al. 1995).....	140
Figura 58. Obtener el aislamiento a ruido aéreo. Fuente: (Bestraten Castells & Hormias Laperal 2012)	145
Figura 59. Absorción acústica en distintos tipos de muros. Fuente: (Binici et al. 2005).	145
Figura 60. Desfase térmico Fuente: (Bestraten Castells & Hormias Laperal 2012).....	147
Figura 61. Relación entre la coeficiente de transmisión y espesor. Fuente: (Maldonado Ramos et al. 2001).	147
Figura 62. Relación entre la conductividad y la densidad. Fuente: (Morton 2008b).....	148
Figura 63. Relación entre la conductividad, fuerza de compresión y la densidad. Fuente: (Mansour et al. 2016).....	148
Figura 64. 3 niveles de circunstancias en función del drenaje del terreno y de su inclinación. Fuente: (Guillaud et al. 1995).....	155
Figura 65. Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica 2005).....	156
Figura 66. Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica 2005).....	156
Figura 67. Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica 2005).....	157
Figura 68. Arriostramiento de los muros. Fuente: (Houben & Guillaud 2008).	157
Figura 69. Intereses de los usuarios previstos de la información de la evaluación y etapas previstas del ciclo de vida. Fuente: UNE-ISO/TS 21931-1:2006 IN.	163
Figura 70 Ficha de ensayos del BT. Fuente: Habitat tierra.	166
Figura 71. Esquema básico general del EVC en las fases de elaboración y construcción de un proyecto arquitectónico. Fuente: Elaboración propia.....	174
Figura 72. Secuencia de los niveles. Fuente: Elaboración propia.....	176
Figura 73. Secuencia de los niveles. Nivel de Evaluación Técnica Ponderado. Fuente: Elaboración propia.	178
Figura 74. Esquema del procedimiento de obtención de los niveles. Fuente: Elaboración propia. .	179
Figura 75. Entrada de datos. Fuente: Elaboración propia.	181
Figura 76. Elección de ámbitos del elemento constructivo en el EVC. Fuente: Elaboración propia.	185
Figura 77. Desarrollo del proceso de evaluación de los grados de idoneidad. Fuente: Elaboración propia.	251
Figura 78. Valores de los grados de idoneidad en un caso de estudio para todos los ámbitos analizados. Fuente: Elaboración propia.....	253
Figura 79. Valores medios de los casos de estudio de Andalucía en base a los 3 bloques de estudio. Fuente: Elaboración propia.	253

Figura 80. Obtención de intervalos de grados de idoneidad para la base del muro (requisitos constructivos). Fuente: Elaboración propia.	258
Figura 81. Imagen aérea de la Escuela infantil municipal La Font de Rieral en Santa Eulalia de Ronçana. Fuente: Construcción 21 España.....	271
Figura 82 Planta de distribución del inmueble BAR-001. Fuente: (Barbeta et al. 2012)	272
Figura 83. Composición de la fachada. BAR-001. Fuente: Proyecto Escuela (Barbetá et al., 2014). Elaboración propia.	273
Figura 84. Hueco. BAR-001, Fuente: Proyecto Escuela (Barbetá et al., 2014). Elaboración propia....	273
Figura 85. Ejecución de uno de los huecos. Tipo ovalado con pieza cerámica. Fuente: Proyecto Escuela.	274
Figura 86. Detalles de coronación de muro y base. Fuente: (Barbeta et al. 2012)	274
Figura 87. Diagrama de barras porcentual sobre la valoración de los NET en la calidad del producto. Fuente: Elaboración propia.	298
Figura 88. Diagrama de barras porcentual de la evaluación de los NET en los Requisitos constructivos. Fuente: Elaboración propia.	300
Figura 89. Diagrama de barras porcentual de la evaluación de los NET en las acciones externas. Fuente: Elaboración propia.	302
Figura 90. Tipos de cimentación. De izquierda a derecha: hormigón, fábrica, piedras o elemento masivo. Fuente: Elaboración propia.....	324
Figura 91 Caracterización del suelo para BTC. Fuente: (Aenor 2008b)	414
Figura 92 Caracterización del suelo. Fuente: (Aenor 2008b)	415
Figura 93 Caracterización del suelo. Imagen: (Jiménez & Cañas 2006)	416
Figura 94 Proceso Productivo. Imagen: (Santibáñez & Ortega 2010)	420
Figura 95 Proceso Productivo. Mezcladora. Fuente: Solbloc.....	422
Figura 96 Secado de adobes. Fuente: Pedro Bel Anzue	424
Figura 97 Disposiciones de almacenamiento. Imagen: (Rigassi & CRAterre-EAG 1995); Error! Marcador no definido.	

ANEXOS

Anexo A. Organismos, líneas de investigación y normativas

Anexo B. Estudio actual del panorama del BT en España

Anexo C. Resultados del EVC y soluciones constructivas

ANEXO A. ORGANISMOS, LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y NORMATIVAS

- Organismos
- Breve investigación de las líneas de investigación y las publicaciones
- La normalización y reglamentación del BT en España
- Requerimientos materiales para el BT
- Fases de producción del BTC y adobe

ORGANISMOS

Como se explicaba en el estado de la cuestión (apartado 1.2), se ha llevado a cabo una ampliación de algunos organismos, asociaciones y centros de investigación y formación (tablas 76 y 77):

En España.

Tabla 76. Organismos y asociaciones en España. Fuente: (Canivell, 2011; Jiménez & Cañas, 2006). Elaboración propia.

Nombre	Tipo de Actividad
Centro de Investigación de Arquitectura Tradicional (CIAT)	Investigación y difusión
IETcc – Instituto Eduardo Torroja de Ciencias de la Construcción	Investigación, Formación y difusión.
Arquiterra	Difusión
Constru-Tierra	Difusión
Grupo Tierra – Universidad de Valladolid	Formación y difusión.
Fundación Navapalos	Formación
Hábitat Tierra - CEETyDeS - Centro para el desarrollo sostenible del hábitat	Formación
Estepa	Formación
Arqui-terra	Difusión
Universidad Politécnica de Madrid	Investigación, Formación y difusión.
Departamento de Construcciones Arquitectónicas de la Universidad de Granada	Investigación y difusión
Departamento de Construcciones Arquitectónicas I y II de la Universidad de Sevilla	Investigación, Formación y difusión.
Departamento de Arquitectura e Ingeniería de la Construcción, Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Gerona	Investigación, Formación y difusión.
Escuela Politécnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Alfonso X el Sabio	Investigación, Formación y difusión.
Tierra activa	Formación y difusión
Centro para el desarrollo sostenible del Hábitat	Formación
Instituto Español de Baubiologie (IEB)	Formación
Asociación Dehesa Tierra	Formación y difusión
Asociación Terrand	Investigación, Formación y

	difusión.
Instituto Ecohabitar	Formación y difusión

Internacionales.

Tabla 77. Organismos y asociaciones en España. Fuente: (Canivell, 2011; Ecohabitar, 2004). Elaboración propia.

Nombre	Tipo de Actividad	País
ICOMOS	Conservación y difusión	Internacional
ISCEAH	Investigación y difusión	Internacional
PROTERRA-CYTED	Investigación y difusión.	Internacional
ICCROM	Conservación y difusión	Internacional
FAL e.V.	Investigación, docencia y difusión	Alemania
DACHVERBAND LEHM e.V.	Investigación y difusión.	Alemania
CEDODAL	Investigación y difusión.	Argentina
CENTRO BARRO	Investigación y difusión.	Internacional
CEIBA	Investigación y difusión.	Argentina
ASEG	Difusión y nueva construcción.	Australia
EBAA	Difusión y nueva construcción.	Australia
ABCTerra	Investigación y difusión	Brasil
GRIME	Investigación y difusión.	Colombia
PROTIERRA	Difusión y nueva construcción	Colombia
ASTERRE	Difusión y nueva construcción	Francia
AKTERRE	Difusión y nueva construcción	Francia
CEDTERRA	Investigación y difusión.	Italia
CICRA	Investigación, docencia y difusión	Portugal
Inter-acción (Universidad de Plymouth y CRATERRE-EAG)	Formación, investigación y difusión	Internacional
Association Nationale des Professionnels de la Terre (Asterre)	Formación	Francia
Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble - CRATerre	Formación, investigación y difusión	Francia
Auroville Building Centre	Formación e investigación	India
The Centre for Irish Earthen Architecture - CIEA	Formación	Irlanda

CRIATIC Centro Regional de Investigaciones de arquitectura de Tierra Cruda	Formación	Argentina
RED Iberoamericana PROTERRA	Difusión y nueva construcción	Colombia
Centre pour le developpement de l'entreprise	Desarrollo de empresas	Países Bajos
Auroville Building Centre	Formación Investigación, docencia y difusión	India

BREVE INVESTIGACIÓN DE LAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y LAS PUBLICACIONES

En el contexto de la construcción con tierra, gracias al auge de las investigaciones sobre la misma, es posible localizar estudios relacionados con el tema. Éstos han sido claves en la aportación de conocimiento para la primera fase de la investigación en tierra como material de construcción y, en particular, el BT, sus aspectos constructivos, así como la localización de los inmuebles realizados con BT en España. En el estado de la cuestión se planteaban varias líneas de investigación clave para este estudio. En este anexo, se amplía la información hallada.

LA TIERRA

Los primeros textos de referencia hacen alusión al uso de **la tierra como material de construcción**. Se trata de libros que marcan un comienzo fundamental en toda investigación de construcción con tierra. En el estado de la cuestión, ya se indicaron los libros principales.

Así mismo, en el año 2011, el Monográfico de Construcción con Tierra elaborado por la revista *Informes de la Construcción* Vol. 63 Nº 523, el cual recopila múltiples artículos referentes a diversos aspectos sobre la construcción con tierra. Destacamos también, las publicaciones del Grupo Tierra y los autores Mileto y Vegas, los cuales a través de los Congresos realizados en la Universidad de Valladolid y Valencia, recopilan y profundizan en múltiples aspectos de construcción de tierra en España (Mileto, Vegas, & Cristini, 2012; Sáinz Guerra & Jové Sandoval, 2013).

En lo referente a los artículos, ponencias a congresos o capítulos de libros, se resalta el artículo *Las normativas de construcción con tierra en el mundo* (Cid et al., 2011), los artículos del investigador Heathcote (K. Heathcote, 2011; K. A. Heathcote, 1995), *Earth building in Spain* (Jiménez & Cañas, 2006), *Construcción con tierra en el siglo XXI* (Bestraten et al., 2011) entre otros autores que enriquecen la fuente de conocimiento científico.

Por otro lado, también es necesario destacar la tesis doctoral *Metodología de diagnóstico y caracterización de fábricas históricas de tapia* (Canivell, 2011). En ella, se desarrollan propuestas metodológicas y herramientas que permiten evidenciar los aspectos más relevantes a considerar en caso de intervención y se encauzan soluciones técnicas en tapia. Aunque la tesis doctoral profundiza sobre

la construcción con tapia, ésta proporciona a este trabajo ideas claves para la organización de la investigación. Así mismo, otras tesis doctorales relacionadas con la construcción con tierra cruda como es *Mejora de la tierra estabilizada en el desarrollo de una arquitectura sostenible hacia el siglo XXI* (Barbeta Solà, 2010) se extraen aspectos constructivos relevantes sobre la tierra.

EL BT

Si se profundiza en **bibliografía específica del BT**, CRATERRE (Francia) es la institución junto a Auroville (India) con mayor número de publicaciones al respecto. Entre ellas encontramos *Blocs de terre comprimée. Équipements de production* (Houben, Rigassi, & Garnier, 1996), *Blocs de terre comprimée. Volume I. Manuel de production* (Rigassi & CRATerre-EAG, 1995), *Blocs de terre comprimée. Volume II. Manuel de conception et de construction* (Guillaud et al., 1995) y en India, *Earthquake resistant buildings with hollow interlocking blocks* (Auroville Earth Institute, 2005). Otros autores como Morton proponen una guía para la construcción con BT denominada *Earth Masonry* (Morton, 2008a). También se destaca el European Credits Vocational Education Transfer (ECVET) - Proyecto Pirate, del cual se ha podido obtener diversa información acerca de los resultados obtenidos y que son transferidos a través de su alojamiento web.

Respecto a la elaboración y construcción de BT existen estudios a nivel de artículos, ponencias en congresos o capítulos de libros. Entre ellos destacamos los realizados por los autores Cid Falceto (Cid-Falceto et al., 2012; Cid Falceto et al., 2011), el Grupo Tierra (Díaz-Pinés et al., 2011; Jové Sandoval & Cavero, 2013; Jové Sandoval et al., 2011), Jiménez Delgado (Jiménez Delgado & Guerrero, 2007).

Con respecto a tesis doctorales se resalta a nivel internacional *Development of stabilised extruded earth masonry units submitted* (Daniel Maskell, 2013) sobre el estudio de bloques de tierra extruidos (en adelante BTE) o la tesis doctoral *Durabilidad de los bloques de tierra comprimida. Evaluación y recomendaciones para la normalización de los ensayos de erosión y absorción* (Falceto, 2012) de la cual se han extraído interesantes conocimientos sobre el BTC y aspectos de salubridad. Así mismo, se destaca la producción de trabajos final de máster basados en los BT que se han realizado (Carcedo Fernández, 2012; Yuste, 2009).

Como puede observarse, el auge acontecido en los últimos años del uso del BT ha enriquecido el conocimiento científico y normativo para el BTC.

De revistas de impacto como es el caso de *Construction and Building Material* de Elsevier o *Informes de la Construcción* entre otros, se han seleccionado textos que nombran y analizan casos de estudios. Se incide en artículos como *Earth building in Spain* (Jiménez & Cañas, 2006) o el artículo sobre las viviendas de Amayuelas de Abajo (González Silva, J., Valbuena, F., 2003) de las revistas mencionadas con anterioridad. A su vez, se enfatiza en las publicaciones del Grupo Tierra a través del Congreso de Tierra de la Universidad de Valladolid (Díaz-Pinés et al., 2011) y artículos descriptivos sobre empresas de producción de BT, como es el caso de *Puesta en marcha de una empresa elaboradora de adobes y BTC en Amayuelas de Arriba, Palencia* (Santibáñez & Ortega, 2010) y *Unidad de producción de bloques de tierra comprimida* (Seisdedos, 2010). Otra fuente bibliográfica de especial interés ha sido *Municipal school in Santa Eulalia de Ronçana, Barcelona, Spain* (Barbeta et al., 2012), el cual supondrá el caso de estudio que se desarrollará con el EVC.

También, se han consultado revistas de divulgación entre las que se destaca *Ecohabitar*, ligada a la divulgación de textos relacionados con bioconstrucción ("Ecohabitar: bioconstrucción, consumo ético, permacultura, vida sostenible," 2004). Se han tomado datos referidos a empresas de producción de BT e inmuebles realizados en España.

De toda la bibliografía hallada, se presenta la siguiente tabla donde se indican las líneas de investigación y alguna de las personas responsables de las mismas relacionados con el BT (tabla 78):

Tabla 78. Líneas de investigación sobre el BT. Fuente: Elaboración propia.

Líneas de investigación	Instituciones	Investigadores	País	
Ensayos para la resistencia a la intemperie mediante banco de precipitaciones.	Universidad de Liverpool	Boussabaine, H. Ogunye, F.O.	Reino Unido	Unido
Estudio sobre el bloque de tierra en Reino Unido. Ensayos a flexión del bloque de tierra.	Universidad de Plymouth	Williams, C. Griffiths, R. Watson, L.	Reino Unido	Unido
	Universidad de Nottingham Trent.	Goodhew, S.	Reino Unido	Unido
Estudios sobre el bloque de tierra extrusionado. Propiedades y diseño estructural. Ensayos de resistencia a compresión. (& Morel, J.C.)	Universidad de Bath.	Walker, P. Heath, A. Fourie, C. Lawrence, M. Maskell, D.	Reino Unido	Unido
Efectos de la retención y curado en bloque de tierra con cemento. (&	Universidad de Warwick, Coventry.	Thomas, T.H.	Reino Unido	Unido

Kerali,A.G.)				
Influencias medioambientales de la contracción del bloque de cemento. El efecto de la magnitud en el comportamiento estructural de las fábricas bajo compresión (& Mohammed, A. y Mustapha, A.)	Universidad de Wales, Cardiff. (Universidad de Bauchi y Universidad de Maiduguri, Nigeria)	Hughes,T.G. Harvey, R. J.		Reino Unido (Nigeria)
Múltiples líneas de investigación	Universidad de Grenoble. Craterre	Houben, H. Rigassi, V. Guillaud, H. Joffroy, T. Odul, P. Garnier, P. Doat, P. Entre otros.		Francia
Ensayos de compresión en bloques de tierra comprimida.	ENTPE-Department Génie Civil et Bâtiment (DGCB), Vaux-en-Velin, Cedex, Limoges.	Olivier, M., Morel, J.C., Pkla,A., Mesbah, A.		Francia
Características mecánicas de bloques de madera-geopolímeros y tierra.		Lecomte-Nana, G.L. Petit, C. Smith, D.S. Gouny, F. Rossignol, S.		Francia
	Universidad de Limoges.	Fouchal, F. Pop, O.		Francia
Comportamiento térmico y mecánico del bloque (& Meukam, P. y Jannot, Y.)	Universidad de Cergy-Pontoise. (Universidad de Yaoundé, Cameroun)	Noumowe, A. Duval, R.		Francia
Durabilidad de los bloques de tierra comprimida: Evaluación y recomendaciones para la normalización de los ensayos de erosión y absorción. (Cid-Falceto, J.) Normativa para la selección de suelos. (Jiménez Delgado, M.C. y Cañas) Las normativas de construcción con tierra en el mundo. (Cid Falceto, Mazarrón, Cañas) Construcción en tierra en España (Jiménez Delgado, M.C. y Cañas) Características mecánicas del BTC: Ensayos a compresión. (Cid Falceto, Mazarrón, Cañas y Fouad, A.)	Universidad Politécnica de Madrid.	Cid-Falceto, J. Mazarrón, F.R. Cañas, I. Jiménez Delgado, M.C. Otras colaboraciones: Martín, S.		España

Estudio del patrimonio arquitectónico construido con tierra desde la tradición a la innovación. Rendimiento y coste energético en la construcción de cerramientos de fábrica de adobe y bloque de tierra comprimida.	Escuela de Arquitectura de Madrid	Maldonado Ramos, L. Vela Cossío, F. Castilla Pascual, F.	España
	Universidad Alfonso X el Sabio	Rivera Gámez, D.	España
Ensayos de Erosión hídrica sobre muros. (Jové Sandoval, F., Muñoz de la Calle, D. y Pahino Rodríguez, L.) Prototipo de vivienda sostenible construida con muros de bloque de tierra comprimida. Comportamiento termodinámico de muros de BTC en función del clima. Prototipo de vivienda construida con BTC y caña gradua para su aplicación en la región de Manabí, Ecuador.	Universidad de Valladolid.	Jové Sandoval, F. Muñoz de la Calle, D. Pahino Rodríguez, L. Díaz-Pinés, F. Sáinz Guerra, J.L.	España
Elaboración de Tesis sobre la mejora de la tierra en el desarrollo de una arquitectura sostenible. Elaboración de edificios construidos con BTC.	Universidad de Gerona	Barbetá Solà, G.	España
Casos de estudio realizados con bloque de tierra comprimida.		Bestraten, S Hormias, E.	España
Estudio de un tipo de bloque de tierra y forma.	Universidad de Minho, Guimaraes.	Eires, R. Camoes, A. Sturm, T. Ramos, L.F.	Portugal
Resistencia al fuego de muros realizados con tierra (& Buson, M.; Sposto, R.M.) Propiedades mecánicas de la adición de ceniza volante. (& Lima, S.A. y Sales, A.) Resistencia al sismo.	Universidad de Aveiro, Portugal. (Universidad de Brasilia, Brasil)	Varum, H. Lopes, N. Vila Real, P. Neto, V.F.	Portugal
Características de rendimiento de ladrillos realizados con tierra a bajas temperaturas.	Universidad Católica de Louvain en Louvain-la-Neuve	Mbumbia, L. Mertens de Wilmars, A.	Bélgica
	Centre de Recherches de l'Industrie Belge de la Céramique, Mons.	Tirlocq, J.	Bélgica
	Universidades de Kassel,	Schroeder, H.	Alemania

	Applied Sciences in Potsdam y Weimar (Bauhaus)	Rohlen, U. Jorchel, S.	
Características de rotura en bloque de tierra.	University of Marche, Ancona.	Clementi, F. Lenzi, S.	Italia
	Universidad Tecnológica de Lublín.	Sadowski, T.	Polonia
Refuerzo de los muros a fuerzas horizontales.	Instituto Politécnico Nacional (IPN) en Oaxaca.	Juárez, L.A. Caballero, T. Morales, V.	México
El uso de la caña de azúcar y la cal para mejorar la durabilidad y las propiedades mecánicas	Universidad de la Sierra Sur, Oaxaca, Mexico	Alavez-Ramirez, R. Montes-Garcia, P., Martinez-Reyes, J. Altamirano-Juarez, D.C. Gochi-Ponce, Y.	México
Propiedades mecánicas de la adición de ceniza volante (& Varum, H.; Neto, V.F.)	Universidad Federal de São Carlos.	Lima, S.A. Sales, A.	Brasil
Resistencia a compresión de los bloques de suelo cemento. Comportamiento Térmico de los muros de tierra.	Universidad Nacional de Tucumán.	Arias, L. Alderete, C. Mellace, R. Gonzalo, G. Kirschbaum, C. Mas, J.M.	Argentina
Fabricación del BTC sin estabilización.	Urbanismo de la Universidad Católica de Salta.	Galindez, F.	Argentina
Construcción con bloque de tierra (& Breakah, T.; Khedr, S.)	Universidad de Estado de Mississippi.	El-Adaway, I.	EEUU
Residuos con arcilla como material de construcción sostenible.	Universidad del Sur de Florida	Russell, S.R. Buchter, J.	EEUU
Efectos de la adición de carbón y cenizas de la cáscara de yuca en las propiedades del bloque de tierra comprimida	Universidad Industrial de Santander.	Niño Villamizar, M.C. Spinosi Araque, V. Rios Reyes, C.A.	Colombia
Estudio sobre la diferencia entre los estudios en laboratorio y a la intemperie.	Universidad de Biskra	Gueftala, A. Abibsi, A.	Argelia.
	Universidad de Constantina.	Houari, H.	Argelia.
Deterioro de los bloques de tierra en servicio.	Universidad de Kampala	Kerali, A.G.	Uganda
Comportamiento mecánico no lineal. Estudio y modelización de la compresión uniaxial de los muros.	Laboratorios de Rabat y Casablanca	Hakimi, A. Fassi-Fehri, O. Bouabid, H. Charif-d'Ouazzane, S. El Kortbi, M. El Hammoumi, A. Zine-Dine, K.	Marruecos
Estudio de la construcción con tierra en Botswana.	Universidad de Botswana.	Ngowi, A.B.	Botswana
Construcción con blo-	Escuela de Ciencia y	Breakah, T.	Egipto

ques de tierra en Egipto	Tecnología en Nuevo Khedr, S. Cairo.		
Información sobre los bloques de tierra.	Universidad de Malaya, Lembah Pantai, Kuala Lumpur.	Deboucha, S. Hashim, R.	Malasia
Características de bloques de tierra y cemento usando arenas de tipo específico. Estudios sobre el bloque de tierra de ensayos de erosión.	Indian Institute of Science, Bangalore.	Venkatarama Reddy, B.V. Gupta, A.	India
Estudios sobre la resistencia a flexión de los bloques de tierra comprimida.	Universidad de Moratuwa.	Jayasinghe, C. Mallawaarachchi R.S.	Sri Lanka
Estudio térmicos sobre edificios de tierra.	Universidad de Nueva Inglaterra, Anidale.	Stace, T.	Australia
	University of Technology, Sydney.	Healthcote, K.A.	Australia

A continuación se desarrollan los datos expuestos con anterioridad:

En **España**, se destaca la labor de los investigadores **Cid Falceto, J., Ruiz Mazarrón, F., Cañas Guerrero, I., Jiménez Delgado, M.C.** miembros en el Departamento de Construcción y Vías Rurales de la E.T.S Ingenieros Agrónomos de la Universidad Politécnica de Madrid, que a su vez, forman la **Asociación ConstrUTierra** y responsables de la elaboración de la normativa actual en BT en España, UNE 41410:2008. Este grupo ha publicado desde el año 2007, una serie de documentos que abarcan desde la puesta en valor de la construcción con tierra en España, la normalización de la misma hasta aspectos del BTC en relación a la durabilidad del producto (Cid Falceto, 2012).

Otro grupo importante es el constituido por **Jové Sandoval, F., Muñoz de la Calle, D., Pahino Rodríguez, L., Muñoz de la Calle, D.** de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Valladolid, pertenecientes al **Grupo TIERRA**; llevan a cabo una constante difusión del conocimiento mediante la realización del Congreso de Arquitectura de Tierra en Cuenca de Campos.

Por otro lado, los investigadores **Maldonado Ramos, L.; Vela Cossío, F.** de la Escuela de Arquitectura de Madrid y del Centro de Investigación de Arquitectura Tradicional, **CIAT, Rivera Gámez, D.** de la Universidad Alfonso X El Sabio, entre otros, también participan, de manera activa, en la formación de la construcción con tierra en España mediante cursos, publicaciones, volúmenes como "Curso de Construcción con Tierra".

Sin embargo, es necesario destacar al arquitecto **Barbeta Solà, G. y su equipo** del Departamento de Arquitectura e Ingeniería de la Construcción de la Escuela Politécnica Superior de Gerona, quien mediante el desarrollo de la tesis "*Mejora de la Tierra estabilizada en el desarrollo de una arquitectura sostenible hacia el siglo XXI*" y su actividad profesional en la construcción de edificaciones en BTC, se sitúa como un autor de especial relevancia y en constante evolución.

Además a nivel nacional, los investigadores de la Universidad de Sevilla, **Canivell, J., González Serrano, A., Rodríguez García, R. y Graciani, A.** quienes participan, promueven y desarrollan formación e investigación sobre distintos temas relacionados con tierra cruda.

Por último, el equipo de investigación de la Universidad Politécnica de Valencia en el que se destaca la labor de **Mileto, C. y Vegas, F.** Han realizado y dirigido múltiples proyectos de investigación como Restapia o SOS tierra, así como importantes publicaciones como Terra Incognita (2008) o Versus Tierra (2014).

A **nivel europeo**, uno de los pilares más relevantes como centro de aprendizaje de la arquitectura en tierra es **Craterre** en la Escuela de Arquitectura de Grenoble, **Francia**, donde autores como **Houben, H.; Rigassi, V.; Guillaud, H.; Joffroy, T.; Odul, P.; Garnier, P.; Doat, P.** desarrollan y mejoran constantemente la construcción en tierra en sus diversas especialidades, así como en el propio campo de la formación.

En **Alemania**, **Minke, G.** ha focalizado el estudio de las propiedades de la tierra como material de construcción basado en las experiencias desarrolladas en la Universidad de Kassel, con ejemplos en proyectos reales y construcción de los mismos por lo que supone una de las referencias más conocidas en este ámbito (Minke, 2001, 2005, 2006).

En **Bélgica**, investigadores como **Mbumbia, L. Mertens de Wilmars, A.** de la Universidad Católica de Louvain en Louvain-la-Neuve y **Tirloq, J.** del Centre de Recherches de l'Industrie Belge de la Céramique, Mons recopilan un caso de estudio en Camerún (Mbumbia, Mertens de Wilmars, & Tirloq, 2000).

En **Francia**, el **Instituto Nacional de Ciencias Aplicadas (INSA)** de Lyon destacamos a **Olivier, M., Morel, J.C., Pkla, A., Mesbah, A.** miembros del ENTPE-Department Génie Civil et Bâtiment (DGCB), Vaux-en-Velin en Cedex, de la ciudad de Limoges. Han elaborado estudios para la comprensión, comportamiento y aplicación de

estructuras de BT. En ocasiones, han colaborado con otros investigadores de Reino Unido como Walker, P., a finales de los años 90, en la realización de test de resistencia a compresión e incluso, la construcción de viviendas realizadas con materiales locales y el impacto sobre el medioambiente en el que se encuentra (J.-C. Morel et al., 2007; J. C. Morel, Mesbah, Oggero, & Walker, 2001).

En **Portugal**, **Varum, H., Lopes, N., Vila Real, P.** del Departamento de Ingeniería Civil y **Neto, V.F.** del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Aveiro, Aveiro, Portugal aportan una visión relevante sobre la resistencia al fuego de los muros realizados de bloques de tierra de Krafterra (Buson et al., 2012) en colaboración con los investigadores brasileños de la Universidad de Brasilia y São Carlos.

Debe añadirse otros investigadores como **Eires, R. y Camoes, A.** del Territory, Environment and Construction Centre (CTAC) y **Sturm, T. y Ramos, L.F.** de Institute for Sustainability and Innovation in Structural Engineering (ISESE), de la Universidad de Minho, Guimaraes que publican un estudio sobre un tipo de BT y la forma más adecuada.

Otro grupo de investigación relevante se localiza en **el Reino Unido**, formando parte de él: **Walker, P.; Heath, A.; Fourie, C.; Lawrence, M.; Maskell, D.** pertenecientes al Centre for Innovative Construction Materials, Department of Architecture and Civil Engineering, University of Bath, UK. Este grupo de investigación se ha especializado en una línea clara de investigación basada en la resistencia a compresión de los BTC con la posterior fabricación de un BT extruido (Ciancio, Jaquin, & Walker, 2013; Heath, Maskell, Walker, Lawrence, & Fourie, 2012; Heath, Walker, Fourie, & Lawrence, 2009; D Maskell, Heath, & Walker, 2013; P. J. Walker, 1995).

En la Universidad de Plymouth, se localiza a **Williams, C., Griffiths, R., Watson, L.** y por último, **Goodhew, S.**, en la Universidad de Nottingham Trent quienes, conjuntamente, desarrollan un seguimiento de la construcción con BT en el Reino Unido además del estudio de la resistencia a flexión de la construcción en BT e incluso estudios sobre inercia térmica (Goodhew & Griffiths, 2005; C Williams, Goodhew, & Griffiths, 2011; Colin Williams, Goodhew, Griffiths, & Watson, 2010).

Se destaca la guía técnica para el diseño y construcción de muros de tierra realizada por **Morton, T.** (Morton, 2008b), en la que se presenta un estudio sobre los materiales utilizados para su elaboración en nuevas construcciones y reparaciones de lesiones. Mohammad Sharif **Zami** y Angela **Lee** de la Universidad de Salford,

quienes basan su exposición en el estado del arte de la construcción de viviendas de bajo coste en Reino Unido (Zami & Lee, 2010).

Por último, **Clementi, F. y Lenci, S.** del Departament of Architecture, Building and Structures, Polytechnic University of Marche, Ancona y **Sadowski, T.** de la Universidad Tecnológica de Lublín estudian las características de rotura de la tierra cruda (Clementi, Lenci, & Sadowski, 2008; Lenci, Clementi, & Sadowski, 2012)

África

En **Argelia**, **Guettala, A. y Abibsi, A.** de la Universidad de Biskra y **Houari, H.** de la Universidad de Constantina llevaron a cabo un estudio sobre la diferencia entre los ensayos realizados en laboratorio y las realizadas a la intemperie (Guettala et al., 2006).

En **Botswana**, **Ngowi, A.B.** del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Botswana, escriben, un artículo sobre un caso de estudio realizado en BTC en Botswana. El autor potencia la construcción en tierra en su lugar de origen sin enfatizar en el análisis beneficio-coste (Ngowi, 1997; Zami & Lee, 2010).

Cabe destacar de la Universidad de Yaoundé en **Camerún**, el estudio del comportamiento térmico y mecánico del BT realizado por los autores **Meukam, P. y Jannot, Y.** en colaboración con Noumowe, A. de la Universidad de Cergy- Pontoise, así como Breakah, T.; Khedr, S. en Egipto (Bal, Jannot, Quenette, Chenu, & Gaye, 2012; Meukam, Noumowe, & Duval, 2003).

En **Marruecos**, autores como **Hakimi, A., Fassi-Fehri, O., Bouabid, H., Charif-d'Ouazzane, S., El Kortbi, M., El Hammoumi, A., Zine-Dine, K.** cada uno de diversos laboratorios en Rabat y Casablanca, en ocasiones en colaboración junto a investigadores como Olivier, M., llevan a cabo estudios sobre el comportamiento mecánico uniaxial de los muros realizados con BTC y han presentado diversas comunicaciones o publicaciones de manera individual o conjunta.(Hakimi, Fassi-Fehri, Bouabid, Charif D'Ouazzane, & El Kortbi, 1999; Zine-Dine et al., 2000)

En **Mauritania**, **Goodary, R.** del Instituto Superior de Tecnología en Rosa-Hill colabora junto al equipo francés de Lecomte-Nana, G.L.; Petit, C.; Smith, D.S.en los suelos estabilizados de origen volcánico (Goodary, Lecomte-Nana, Petit, & Smith, 2012).

En **Sri Lanka**, **Jayasinghe, C. y Mallawaarachchi, R.S.** del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Moratuwa, estudian la resistencia a flexión de uni-

dades de BTC estabilizados con cemento (Jayasinghe & Kamaladasa, 2007; Jayasinghe & Mallawaarachchi, 2009; Lawson, Kancharla, & Jayawickrama, 2011). A su vez, el autor Jayasinghe, C. ha desarrollado junto a **Kamaladasa, N.** las características a compresión y erosión de los bloques de tierra (Deboucha & Hashim, 2011).

Se destaca al investigador **Kerali, A.G.** quien lleva a cabo en **Uganda** (Kerali, 2005), el estudio real de una edificación expuesta a la intemperie y controlada mediante pruebas organolépticas. La finalidad de ese estudio se basa en la comprobación estadística del deterioro generado sobre las distintas posiciones de la edificación. A su vez, dicho autor junto a **Thomas, T.H.** de la Universidad de Warwick, Coventry en Reino Unido, exponen los efectos de los aspectos de curado y retención del agua de los bloques en función de la cantidad de cemento aportado como revestimiento al bloque (Kerali & Thomas, 2002).

América

En **América**, particularmente en **Argentina**, es importante destacar la labor realizada por **Arias, L., Alderete, C., Mellace, R., Gonzalo, G.** del Centro Regional de Investigaciones de Arquitectura de Tierra Cruda (CRIATiC) de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de Tucumán, con respecto al comportamiento térmico de los muros de tierra realizados con bloques en comparación con otros sistemas de tierra bajo el proyecto de investigación PICT 13-14654 "*Producción y transferencia de tecnologías de tierra, apropiadas para la construcción de viviendas de interés social*" (Agustin et al., 2008). A su vez, destacamos al investigador **Galindez, F.** de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Católica de Salta, quien ha desarrollado un modelo de BT realizado sin aportación de estabilización mediante el uso de suelos locales.

Por otro lado, **Kirschbaum, C.** de CONICET y **Mas, J.M.** de la Universidad Nacional de Tucumán en San Miguel de Tucumán estudian el comportamiento a compresión de bloques de suelo cemento (Mas & C. Kirschbaum, 2011).

Destacamos al investigador **Rotondaro, R.** quien desde hace 25 años lleva adelante una línea de trabajo sobre la Arquitectura de Tierra y sus tecnologías. Además se centra en temas vinculados con vivienda, Patrimonio, áreas protegidas, arquitectura rural y turismo.

En **Brasil**, **Buson, M. y Sposto, R.M.** pertenecen a la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Brasilia en colaboración con investigadores de Portugal (Buson et al., 2012), tal y como se ha dicho con anterioridad, aportan una visión sobre la resistencia al fuego de los muros realizados de bloques de tierra entre otros estudios.

Por otro lado, **Lima, S.A. y Sales, A.** en la Universidad Federal de São Carlos, experimentan sobre la adición de ceniza volante para la estabilización y mejora del BTC en colaboración con la Universidad de Aveiro en Portugal, al igual que el grupo de la Universidad de Brasilia (Lima, Varum, Sales, & Neto, 2012).

En **Colombia**, **Niño Villamizar, M.C., Spinosi Araque, V., Rios Reyes, C.A.** en la Universidad Industrial de Santander estudian sobre la adición de ceniza volante a los bloques de tierra comprimidos (Villamizar, Araque, Reyes, & Silva, 2012).

A raíz de la realización de la tesis sobre el reforzamiento de los muros de bloques de tierra a fuerzas horizontales, su autora **Juárez, L.A. del** Instituto Politécnico Nacional (IPN) en Oaxaca de **México** junto a **Caballero, T., Morales, V.** publican una serie de artículos y conclusiones sobre la mejora de los muros de tierra mediante el reforzamiento de los mismos con distintos sistemas aportados (Juárez et al., 2010).

Destacamos en **México** también al investigador Roux, R. quien elabora una investigación acerca de la utilización de ladrillos de adobe estabilizados con fibra de coco (Roux Gutierrez & Olivares Santiago, 2002; Salvador & Gutierrez, 2010).

También en **México** el Grupo de Materiales y Construcción del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Oaxaca, Instituto Tecnológico de Oaxaca, México, ESFM-IPN Escuela Superior de Física y Matemáticas, Universidad de la Sierra Sur, Oaxaca, México, integrado por **Alavez-Ramirez, R., Montes-Garcia, P., Martinez-Reyes, J., Altamirano-Juarez, D.C. y Gochi-Ponce, Y.** investigan sobre las mejoras que proporciona la caña de azúcar y la cal a la durabilidad y propiedades mecánicas del BT (Alavéz-Ramírez, Montes-García, Martínez-Reyes, Altamirano-Juárez, & Gochi-Ponce, 2012).

Por último, presentar el proyecto "*Waste Clay as a Green Building Material*", **Russell, S.R. y Buchter** de la Universidad del Sur de Florida en **EEUU** (Russell & Buchter, 2011).

Asia

En **India**, **Venkatarama Reddy, B.V. y Gupta, A.** del Indian Institute of Science, Bangalore, citado en múltiples artículos (Morel et al. 2007), (Jayasinghe 2009), desarrolla diversos aspectos de la construcción con BTC basado en la durabilidad del mismo y la composición de la tierra utilizada y su estabilización. Además, el investigador Venkatarama Reddy, B.V. junto a **Jagadish, K.S.** llevaron a cabo, un estudio sobre test de erosión mediante spray (Reddy & Gupta, 2006; B. V. Venkatarama Reddy, 2005; B. V. Venkatarama Reddy & Jagadish, 1987; B. V. Venkatarama Reddy & Prasanna Kumar, 2011).

Oceanía

En **Australia**, **Stace, T.** en la Universidad de Nueva Inglaterra, Anidale y **Heathcote, K.A.** de la University of Technology, Sydney, aportan un estudio sobre el mantenimiento térmico de los edificios construidos en tierra, la durabilidad de los bloques. Heathcote, K.A. desarrolla de manera individual diversos textos sobre la durabilidad de las edificaciones realizadas con tierra y Stace, T. colabora en diversas ocasiones con el investigador inglés Walker, P. (K. Heathcote, 2011; K. A. Heathcote, 1995; P Walker & Stace, 1997).

LA NORMALIZACIÓN Y REGLAMENTACIÓN EN EL BLOQUE DE TIERRA EN ESPAÑA

En la tabla que se presenta a continuación, se hace mención de todas las normativas referentes al BT:

Tabla 79. Normativa de BT internacional. Fuente: (Cid et al., 2011; Jiménez & Cañas, 2006). Elaboración propia.

	Nombre	Redactores	Año	País
Europa	Lehmbau Regeln*	Asociación Dachverband Lehm	1999	Alemania
	Bases para el diseño y construcción con Tapial*	MOPT	1992	España
	UNE 41410:2010	AENOR	2010	
	XP P13-901	AFNOR	2001	Francia
	Legge 2004 n° 378	Regione Piemonte	2004	Italia
	LR 2/06 2 Ag.2006.	Parlamentare	2006	
	SIA- Document D077	Schweizerischer Ingenieur	1991	Suiza
	SIA- Document D0111	Schweizerischer Ingenieur	1994	
	SIA- Document D0112	Schweizerischer Ingenieur	1996	
Oceania	NZS 4297	SNZ	1998/99	Nueva Zelanda
	NZS 4298			
	NZS 4299			
	SLS 1382-1	SLSI	2009	Sri Lanka
	SLS 1382-2			
	SLS 1382-3			
América	NTC 5324	Organismo Nacional de Normalización, ICONTEC	2005	Colombia
	NMAC 14.7.4	CID	2004	EEUU
	ASTM E2392 M-10	ASTM	2010	EEUU

Asia	NTE E 080	SENCICO	2000	Perú		
	NTP 331.201	INDECOPI	1978			
	NTP 331.202		1978			
	NTP 331.203		1978			
	NBR 8491		Asociación Brasileña	1986	Brasil	
	NBR 8492	de Normas	1986			
	NBR 10832	Técnicas, ABNT	1989			
	NBR 10833		1989			
	NBR 10834		1994			
	NBR 10835		1994			
	NBR 10836		1994			
	IS 1725:1982		Bureau of Indian	1982	India	
IS 13827:1993	Standards, BIS	1993				
TS 537	TSE	1985	Turquía			
TS 2514						
TS 2515						
África	KS 02-1070	Kenya Bureau of	1999	Kenya		
		Standards, KEBS				
	NT 21.33	Organización Nacional	1996	Túnez		
	NT 21.35		de Normalización (IN-			
	ARS 670	Organización Regional	1996	Normas regionales africa-		
	ARS 671				Africana de Normaliza-	nas
	ARS 672				ción	
	ARS 673					
	ARS 674					
	ARS 675					
	ARS 676					
	ARS 677					
	ARS 678					
	ARS 679					
	ARS 680					
	ARS 681					
	ARS 682					
ARS 683						
NIS 369	SON				1997	Nigeria

*Documentos que no son normativos

REQUERIMIENTOS MATERIALES PARA EL BLOQUE DE TIERRA

En el caso del BTC, según la normativa UNE 41410 (AENOR, 2008)¹¹⁰, la tierra destinada a los BTC debe estar compuesta por **grava, arena, limo y arcilla**¹¹¹, mezclado con agua y en ocasiones y en función del tipo de suelo, **estabilizadores** y aditivos. Como es bien sabido, la arcilla actúa como aglomerante para unir el resto de partículas.

La fracción granular dominante de una tierra caracterizará las propiedades fundamentales y hará prevalecer su comportamiento. De hecho, será necesario conocer sus propiedades físicas y químicas para precisar la calidad y el comportamiento de la tierra para su uso como material de construcción. Aunque el conocimiento exhaustivo de todas sus propiedades no siempre es necesario. Varios autores indican que las 4 propiedades fundamentales son¹¹² :

- **Granulometría.**
- **Plasticidad.**
- **Compresibilidad. En el caso del BTC.**
- **Cohesión.**

Granulometría

Las diferentes proporciones en que se encuentren los componentes de la tierra determina el tipo de suelo y, en consecuencia, distintas funciones de dicha tierra. Las gravas y arenas forman la parte resistente del material, por otro lado, las arcillas añaden la cohesión a la mezcla. Por último, los limos tienen una función inter-

¹¹⁰Debemos destacar que en España no existe una normativa que determine aspectos sobre la construcción con adobe. En cambio, tal como se indicaba en el estado de la cuestión, el BTC se rige en España por la UNE 41410:2008. Aunque no se trata de una normativa exhaustiva, debemos tomarla como base y conocimiento para el desarrollo de la construcción con BTC en España. Si bien es cierto, la bibliografía sobre la producción con adobe es extensa, por lo que podremos tomarla como referencia.

¹¹¹Estables (Gravas: entre 2 y 20 mm. Arenas: entre 0,06 y 2 mm.) e inestables (Limos: entre 0,002 y 0,06 mm. Arcillas: menos de 0,002 mm.). Las gravas son los elementos resistentes del material y las arcillas aseguran la cohesión del mismo. (Rigassi & CRATerre-EAG, 1995)

¹¹²La normativa UNE 41410:2008 añade que será necesario conocer el tipo de arcilla y es posible aportar las normativas UNE que refieren a los otros términos citados con anterioridad: la granulometría según UNE 103101:1995 y UNE 103102:1995; la plasticidad, según UNE 103103:1994 y UNE 103104:1993 por la que se estiman unos límites adecuados entre el índice de plasticidad y el límite líquido (definidos posteriormente); el tipo de arcilla, que vendrá determinada por su relación con el tipo de agua utilizada.

media. Para su conocimiento, la normativa propone un área, que se muestra a continuación, basada en el % que pasa a través de los tamices en el caso del BT (). La imagen que se muestra a continuación indica, mediante una zona sombreada la granulometría óptima para la producción del BTC (Aenor, 2008b). En el eje vertical se localiza el peso en porcentajes totales del suelo de cada tamaño de grano, el cual se dibuja en el eje horizontal mediante una escala logarítmica.

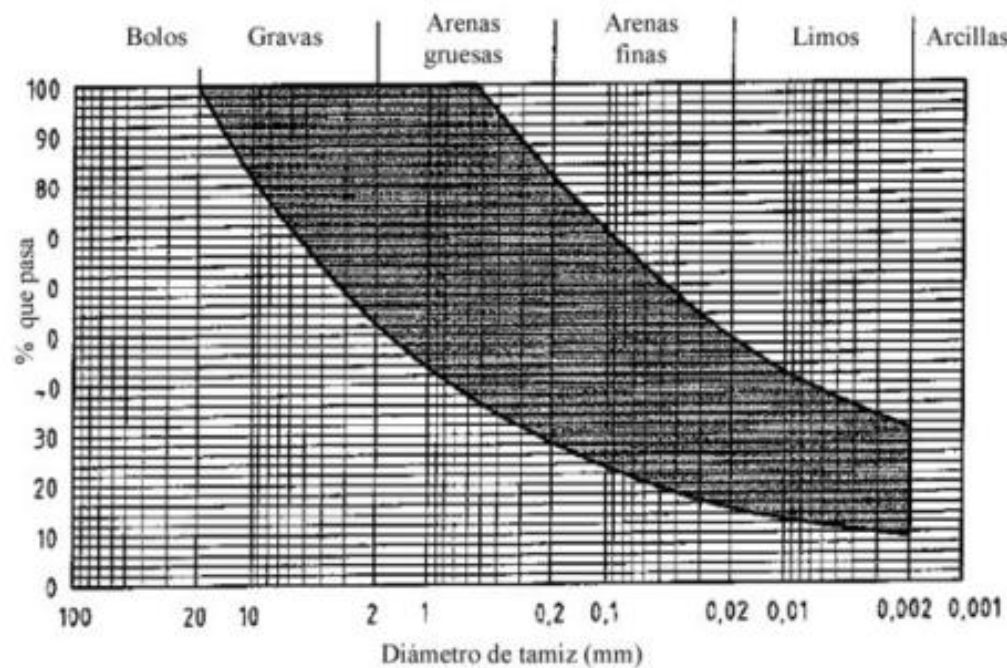


Figura 90. Caracterización del suelo para BTC. Fuente: (Aenor, 2008b)

En el caso del adobe, la Norma E.080 (Perú)¹¹³ muestra los siguientes porcentajes en relación al suelo: arcilla: 10-20%; limo 15-25%; arena 55-70%, pudiendo ser modificados si se trata de un adobe estabilizado. Por otro lado, para el BTC hay diversas fuentes que los porcentajes de suelo para su elaboración. Entre ellas, Craterre, Morton, Auroville y Minke (Auroville Earth Institute, 2005; Guillaud et al., 1995; Minke, 2005; Morton, 2008a). En el caso de Morton (2008) estima los siguientes porcentajes: gravas: 0 a 10%, arenas: 25 a 50%, limos: 20 a 40%, arcillas: 5 a 20%.

¹¹³España no posee en la actualidad norma de referencia para el adobe de la misma envergadura que la UNE 41410:2008.

Plasticidad

La plasticidad se define como la capacidad del terreno para deformarse sin fisurarse (CRATerre-ENSAG, International Center for Earthern Construction, 2008). La plasticidad de un suelo se define en función de varios estados: *líquido*, *plástico*, *semisólido* y *sólido*.

La plasticidad se determina mediante el procedimiento de la *Cuchara de Casagrande* en los test de laboratorio y se extraerán los siguientes parámetros: **Límite líquido (LI)**, **límite plástico (Lp)** y **límite de retracción** que hacen de transición entre los 4 estados (Guigou Fernández & Canarias, 2002). La diferencia entre límite líquido y límite plástico se denomina **índice de plasticidad (LI-Lp)**. El LI define el contenido de agua entre el estado líquido y el plástico, por otro lado, el Lp es el contenido de agua entre el estado plástico y el semisólido. El límite de retracción define el límite entre el estado semisólido y el sólido (Minke, 2005). Al igual que en la granulometría, la norma UNE, determina un área o zona recomendada para los resultados de plasticidad de las tierras utilizadas para el BT .

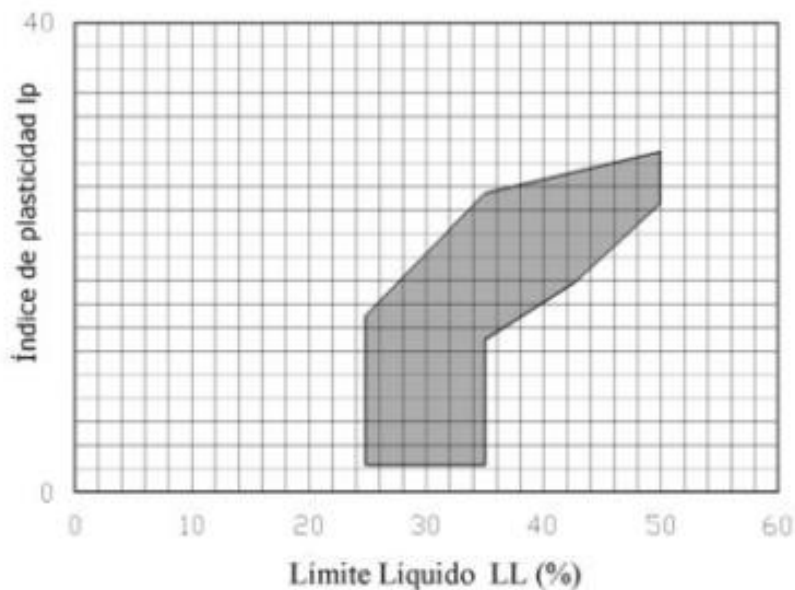


Figura 91. Caracterización del suelo. Fuente: (Aenor, 2008b)

Algunos estudios, como es el caso de Jiménez y Cañas, determinan áreas recomendadas en función del tipo de material realizado con tierra.

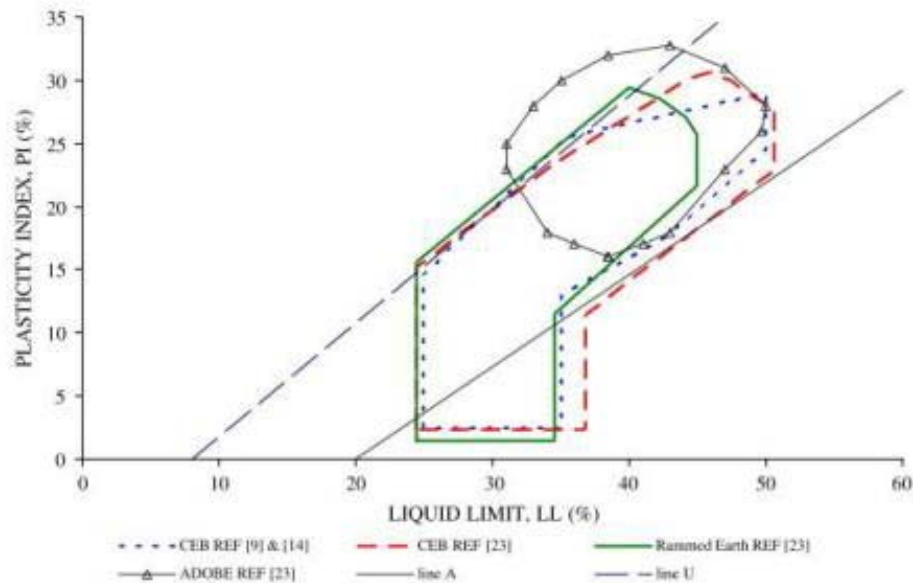


Figura 92. Caracterización del suelo. Imagen: (Jiménez & Cañas, 2006)

En este caso, el adobe posee un área menor del índice de plasticidad frente al límite líquido que el BTC. Sin embargo, los valores obtenidos para hacer BTC son similares al de la tapia.

Para los adobes es conveniente utilizar suelos con bajo índice de plasticidad, ya que cuanto más alto sea mayor será la cantidad de agua contenida en la masa que lo convierte en moldeable y una vez seco, tendrán mayores retracciones, por haber evaporado un volumen mayor de agua. Se propone que los suelos para elaborar adobe presenten un límite líquido entre 20 y 40 y un límite plástico inferior a 20 (M. A. Rodríguez & Saroza, 2006). Otros autores como Roux, recomiendan que los valores adecuados de límite líquido sean menores de 45.

Compresibilidad.

La compresibilidad es la propiedad de la tierra para ser compactada mediante medios artificiales y una cierta humedad. Cuanto mayor es la humedad de una muestra de suelo, *mayor es el grado de compactación y densidad que se puede alcanzar, hasta llegar a un punto a partir del cual cualquier aumento de humedad provoca que para la misma energía aplicada se consigan menores densidades* (Canivell, 2011).

Este procedimiento permite la reducción de los huecos entre las partículas de tierra, por lo que aumenta su densidad y disminuye la porosidad. Para obtener la compactación máxima el suelo debe tener un contenido concreto de agua lo

que se denomina **contenido óptimo de agua o humedad**. Esto se mide con el ensayo Próctor (Minke, 2005). Es así como se mejoran algunas propiedades de los elementos constructivos como la resistencia o la permeabilidad (Falceto, 2012). Para una determinada compactación, la densidad a alcanzar depende de la *granulometría del suelo y del contenido de humedad*.

No obstante, **la humedad óptima no debe ser el único parámetro guía**, ya que existen otros factores como son la *trabajabilidad*, la *consistencia* y la *resistencia mecánica*.

Cohesión.

Es la resistencia a tracción del barro en estado plástico y depende del contenido de arcilla y del tipo de minerales arcillosos. Así mismo, también depende del contenido de agua.

Además, es posible tratar **otros elementos** a tener en cuenta acerca del BT son:

- **El agua.** El agua es un factor que condiciona el proceso de elaboración del BT. Tradicionalmente, en la preparación de la tierra se utilizaba el agua del lugar más cercano posible con la finalidad de evitar los desplazamientos de dicha materia.

En el caso del BTC, en la normativa UNE 41410:2008¹¹⁴, existe un apartado basado en el agua de amasado de morteros y fabricación (Aenor, 2008b). En el mismo se hace referencia al tipo de agua que debe ser utilizada para alcanzar unos valores apropiados. Esta debe ser analizada antes de ser utilizada para fabricar los BTC en los que el cemento está entre sus constituyentes a modo de estabilizante.

Además, se añaden los requisitos recomendables para las aguas analizadas, y salvo justificación especial de que no alteran perjudicialmente las propiedades exigibles al mortero o al BTC

¹¹⁴ Criterios para el tipo de agua que debe ser utilizada para la elaboración de BTC según la norma UNE 41410:2008.

- **Materia orgánica y sales solubles.** Para cualquier tipo de bloque de tierra, se debe tener en cuenta que es necesario rechazar aquellas composiciones que contengan más de un 2% de materia orgánica, de acuerdo a la UNE 103204:1993 y un contenido mayor al 2% de sales solubles según UNE 103205:2006. Un tipo de suelo con materia orgánica se localiza, comúnmente, en un espesor menor de 40 cm (Minke, 2005).

Sin embargo, en España, dado que no hay normativa de referencia para adobe, los datos de referencia deberán ser aportados por medio de las referencias bibliográficas o normas de otros países. Así mismo, para conocer las características del producto es necesario conocer su producción.

FASES DE PRODUCCIÓN DEL BLOQUE DE TIERRA

Las cualidades del producto también dependen de las fases de producción. Es por ello que es necesario establecer, de manera resumida, los criterios más importantes para posicionar el BT en la construcción.

En primer lugar, según el tipo de proyecto arquitectónico, será necesario decidir si el BT se realiza en el lugar de la obra o en otro espacio reservado para ello. La organización espacial será fundamental en la decisión a tomar. En consecuencia, el lugar debe ser accesible para la salida del material alojado y necesita de un punto de agua y electricidad (Rigassi & CRAterre-EAG, 1995). También será necesario conocer si se trata de la producción de BTC o de adobe dado que la producción se realiza de manera distinta.

Otros parámetros que actúan en la decisión a tomar sobre el tipo de producción in situ o exportados: son la **duración**, la **cantidad de producción** y la distancia de los transportes, los cuales deben ser lo más cortos posibles¹¹⁵.

La producción del BT está asociada a un conjunto de acciones que se suceden en el tiempo. Con ellas se garantiza la correcta elaboración del producto. De ahí que debemos destacar la incidencia de los **recursos disponibles del lugar**, así como la organización de la producción, en función de su elaboración artesanal o industrial y la utilización de estabilizante. Éstos definirán las características principales del producto resultante para dicha producción.

Cabe destacar que el adobe se realiza en un ciclo de producción de menor dificultad que el BTC, siendo en ambos, la preparación de la tierra y el almacenamiento aspectos fundamentales. Autores como Santibáñez dividen las fases de la producción en las siguientes (figura 94):

- Fase de selección de la tierra
- Fase de acondicionamiento
- Estabilización para el BTC
- Mezcla con agua y paja para el adobe
- Fase de producción
- Fase de secado y curado del material

¹¹⁵Estos aspectos requieren de una investigación de especial relevancia para ser evaluados por la promoción de la intervención y técnicos.

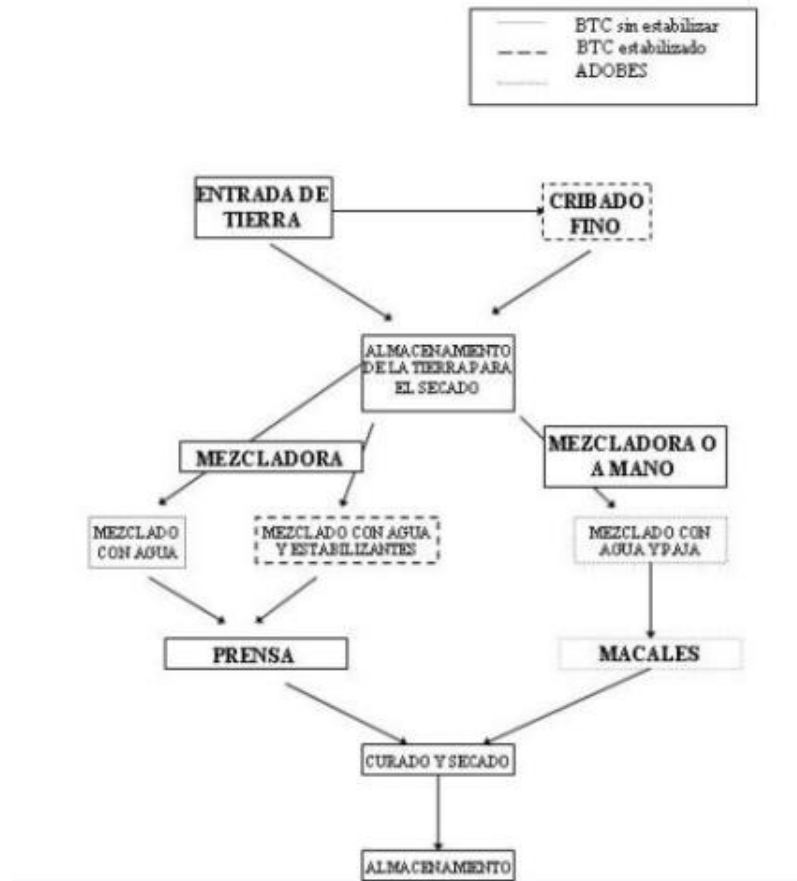


Figura 93. Proceso Productivo. Imagen: (Santibáñez & Ortega, 2010)

Tal y como puede observarse en el esquema, para los adobes la tierra se mezcla con agua y paja y es directamente colocado en los macales para su posterior curado y secado. En cambio, el BTC debe ser prensado por lo que el espacio de producción será mayor al de adobe.

Tabla 80. Diferencias entre los productos. Imagen: (Maldonado Ramos et al., 2001)

Adobe	BTC
Moldeado (mezcla de barro)	Prensado (mezcla de tierra húmeda)
Estabilizado generalmente con fibras o asfalto	Estabilizado generalmente con cemento o cal
Secado al sol	Curado

Ampliamos el procedimiento:

1. En primer lugar, se fijará la cantidad a elaborar en función de la demanda. Una vez calculado el objetivo, se indicarán los recursos disponibles como almacenamiento, materia prima...

2. A continuación, dimensionamiento de la producción se fijará en función de la línea de fabricación. De hecho, será posible determinar superficies construidas de apoyo al personal y, en el caso de que fuera necesario, para el control de calidad, superficies protegidas del sol y la lluvia para la preparación de la tierra, prensado y primera cura, y por último, superficies planas para el almacenamiento.
3. Los constituyentes se **extraerán** de cantera mediante medios manuales o mecanizados, los cuales se analizarán con la finalidad de definir sus componentes y su optimización para la fabricación del BT. Además, es importante matizar que cada suelo tendrá una compresión diferente. De hecho, los suelos arcillosos necesitan mayor radio de compresión que los arenosos o de gravas. En tal caso necesitan mayor superficie de suelo. Habrá una diferencia también con los suelos que son extraídos in situ y los que han sido transportados hacia el lugar de producción. Éstos últimos serán unos suelos más suelos que los extraídos in situ. Auroville estimará el ratio del volumen necesario, el cual se hallará de manera distinta si se trata de un suelo excavado en el sitio o ha sido transportado.
4. Posteriormente, se realiza el **secado** y **tamizado** de las materias primas. En base a dichas características del suelo, se procede al secado de la tierra y posterior molienda, para la disgregación de los terrones existentes de arcilla. A continuación, **el tamizado** clasifica el suelo extraído y de la citada acción, se desecha los elementos como materia orgánica o granulometría que se consideran inadecuados para la elaboración del BT. En función del suelo que constituye el BT, es necesaria la aportación de otros componentes que mejoren las características del producto. Por ello, con la finalidad de obtener una correcta dosificación de los elementos que lo constituyen finalmente, se miden en seco y se mezclan posteriormente. La mezcla homogénea de los constituyentes es pulverizada con agua para la humidificación y reacción del aglutinante, las arcillas.
5. Para producción de BTC, la tierra se lleva de la mezcladora () a la prensa mediante cinta transportadora de donde se extraen los BTC que se apilan en pallets y se llevan a la zona de almacenamiento para salir de aquí a la obra tras un periodo de curado (Santibáñez & Ortega, 2010). En el caso de los BTC, tal y como se indicaba con anterioridad, la presión ejercida sobre la mezcla podrá realizarse de manera manual o mecanizada. Dicha acción, independiente-

mente de la manera en la que se realice, conlleva un aumento de la densidad de la mezcla, por lo que se aumenta la resistencia a compresión, erosión y se disminuye la capacidad de absorción de agua del producto, definida como una ventaja del BTC con respecto a otros materiales.



Figura 94 Proceso Productivo. Mezcladora. Fuente: Solbloc

Posibles tipos de prensas:

- **Manual.** Depende de la fuerza del operador y posibilidad de calidades distintas en el producto.
- **Motorizada.** Irregularidad disminuida y las fuerzas aplicadas más relevantes. El motor debe ser accesible para tener accesibilidad debido a reparaciones. La utilización de prensas mecánicas supone una mejora de la calidad de las piezas obtenidas; desde el punto de vista formal, lo que facilita su colocación en obra y, junto con la adición de estabilizantes, supone un aumento en los valores de resistencia a compresión y absorción de agua de más del doble de los asumidos para el trabajo con adobes (Maldonado Ramos et al., 2001).
- **Unidad móvil.** La utilización de maquinaria "portátil" permite un aprovechamiento del terreno obtenido de la propia excavación de la obra, ahorrando costes y energía de transporte de material a vertedero gracias a la reutilización que se hace del mismo.
- **Unidad fija.**

Para realizar dicha presión, es **necesario el aporte de la mezcla sobre un molde de dimensiones prefijadas**. Según se indicaba en el apartado anterior, la manera de realizarse la presión, manual o mecanizada, afectará al rendimiento de la producción, es decir, conseguiremos un mayor rendimiento de la producción con una elaboración mecanizada por su producción en serie del producto. Una vez realizado el BT, indistintamente de la forma de presión, se procede a su desmolde.

También podrá definirse el tipo de compresión:

- **Doble**. El cual tiene ciertas ventajas como que la zona menos comprimida queda en el interior. A continuación, se desmolda en la misma dirección que la compresión.
- **Simple** en una sola cara.

La presión teórica aplicada a la mezcla y que hace alcanzar al bloque la resistencia requerida sobre la superficie se clasifica de la siguiente forma (CRATerre-EAG, 1998):

- Muy baja presión: 1 a 2 N/mm²
 - Baja presión: 2 a 4 N/mm²
 - Media presión: 4 a 6 N/mm²
 - Alta presión: 6 a 10 N/mm²
 - Híper presión: 10 a 20 N/mm²
 - Mega presión: más de 20 N/mm²
6. Se deja secar al sol hasta que se desmoldan y tras conseguir un secado completo al sol se colocan en palets y se almacenan para llevar a la obra.
 7. A continuación, en ambos casos, se procederá al **secado** a temperatura ambiente del producto durante 28 días, por regla general. Los 4 primeros días serán protegidos de la luz solar. Los días que la temperatura sea menor de 5°C no se contarán dentro del período estipulado ("NZS 4298 (1998): Materials and workmanship for earth buildings," 1998). En el periodo del secado o curado, según NZS, permanecerá como mínimo una semana si lleva cemento y 3 semanas, si lleva cal ("NZS 4298 (1998): Materials and workmanship for earth buildings," 1998). La producción de adobes vendrá marcada por la climatología y la disponibilidad de superficie libre para el secado de los mismos por lo

que lo se acondiciona a la demanda y la producción de BTC. Como base de cálculo se considera que la producción de adobes sería durante los meses de Junio, Julio y Agosto con una producción diaria de 1.000 adobes/día. Esto da una producción máxima anual de 60.000 adobes (Santibáñez & Ortega, 2010).



Figura 95. Secado de adobes. Fuente: Pedro Bel Anzue

Según Craterre, se deberá tener en cuenta si el bloque es estabilizado o no. Esto es debido a que si están ligeramente estabilizados, se deberá evitar el secado demasiado rápido para que no se produzcan fisuras de retracción. Por otro lado, los no estabilizados se deberán proteger del sol y del viento, pero no mantenidos en ambiente húmedo.

Para los bloques estabilizados al cemento o a la cal, el agua alojada en su interior es indispensable para que obtengan la resistencia máxima. Se evitará las temperaturas elevadas, se protegerán del sol y del viento, pero mantenidos en ambientes húmedos con la ayuda de plásticos.

8. Para un **almacenamiento separado (curado, secado y almacenamiento)** los bloques del primer día serán almacenados sobre la mitad de la superficie y los del segundo día, sobre la otra mitad. Al tercer día, los bloques del primer día serán trasladados a la zona de almacenaje definitivos y en su lugar, se ubicarán los realizados en el tercer día. Al siguiente día, la operación se realizará con los bloques del segundo día y en el espacio desalojado, se colocan los del 4º día producidos. Y así sucesivamente (Rigassi & CRATerre-EAG, 1995).

El escaso grado de humedad de la mezcla utilizada (en comparación con el barro usado para los adobes) hace que el proceso de curado se realice **bajo**

cubierto. Por otra parte, los bloques tienen una consistencia inicial que permite un cierto grado de apilamiento, evitando la necesidad de grandes superficies de secado, lo que los hace idóneos en lugares donde no se cuenta con mucho espacio de trabajo. Además, se ha comprobado que con las proporciones y el tipo de cemento y tierra utilizados, los bloques adquieren suficiente resistencia para ser utilizados en obra a la semana de su fabricación, sin necesidad de voltearlos para su secado.

9. Una vez elaborado el producto, **el BT es preparado y almacenado** para su posterior exportación al lugar donde se realice la obra. Esta característica hace del BT un material más flexible con respecto a su empleo.

Según Bestraten, los restos de material desechados (piezas rotas o sobrantes) *se pueden reintegrar en el mismo emplazamiento, sin generar residuos, reduciéndose éstos a los posibles embalajes* (Bestraten et al., 2011).

ANEXO B. INVENTARIO Y ACCIONES

- Fichas tipo para los casos de estudio
- Encuesta
- Inventario
- Fichas de los inmuebles analizados

FICHA TIPO DE LOS CASOS DE ESTUDIO

FICHA - Caso de estudio					
Fabricante	Proyectista	Dirección de obra	Constructora	Promotor - Cliente	Entidad de obra
Denominación del modelo					
Dirección		Foto			
Ciudad/Provincia					
País					
Datos básicos de la edificación					
Años de Construcción		Observaciones			
Ocupación	Público	Privado	Sin uso	Con uso	
Tipología arquitectónica	Defensiva	Religiosa	Residencial	Otros	
Datos del entorno y parcela					
Altura localidad	Altura Nivel Freático	Vegetación	Calles cercanas	Servidumbres de paso	
Agentes de la edificación					
Fabricante	Nombre				
Proyectista	Nombre y Apellidos				
	Profesión				
Dirección de Obra	Nombre y Apellidos				
	Profesión				
Constructora	Nombre				
	Dirección Empresa				
Promotor	Nombre y Apellidos				
Entidad de Control de la obra	Nombre				
Parámetros urbanísticos					
Tipología urbanística según normativa					
Altura de la edificación	Superficie de parcela	Uso general según normativa	Uso pormenorizado según normativa	Infraestructura entorno	
Uso del BTC en el modelo					
Tipo	Cerramiento	Estructura	Partición interior	Otro	
Coste del BTC					
FASE PROYECTO					
Razón Uso BTC	Sugerencia del cliente	Cualidades	Disponibilidad	Valores ambientales	
Ventaja empleo BTC	Mejora térmica	Reducción de costes	Reducción de residuos	Ns/Nc	
Observaciones					
FASE OBRA					
Inconvenientes del empleo	Incremento de costes	Pérdida de calidad final	Disminución de la salubridad	Dificultad de puesta en obra	
Observaciones					
FASE FINAL					
Nivel de satisfacción por cada agente de la edificación (D=Deficiente; A= Aceptable; O=Óptimo; NS= No sabe o no contesta)					
Agentes	Cliente	Proyectista	Dirección facultativa	Constructora	
Definición del BT en proyecto	D A O NS	D A O NS	D A O NS	D A O NS	
Cumplimiento del BT	D A O NS	D A O NS	D A O NS	D A O NS	

con respecto a la normativa																
Colocación del BT en obra	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS
Expectativas del BT en el futuro	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS
Observaciones																
Documentación que define el BT utilizado																
Documentación que tiene el BT según fabricante:	Certificado de conformidad		Prestaciones finales		Soluciones técnicas basadas en la normativa				Soluciones alternativas a la normativa							
	Marcado CE del producto		Documentación del proceso de los suministros		Distintivos de calidad				Controles de los ensayos certificados							
	Controles de calidad: Ensayos.		Otro:		Otro:				Otro:							
Aspectos documentales de proyecto y puesta en obra																
Redacción de proyecto básico y de ejecución	Si		No		Observaciones:											
Modificación en obra de aspectos del proyecto:	Falta de definición		Incorrecta definición de las soluciones constructivas		Mejora de las soluciones constructivas				Cuestiones económicas							
	BT no se ajustaba a lo indicado en el proyecto		Ns/Nc		Otro:											
Normativas o guías utilizadas																
Apartados de los documentos:	Normativa Española		Normativa internacional		Guías técnicas del producto				Fichas técnicas del producto							
Datos referidos al producto																
Controles del producto																
Soluciones técnicas basadas en la normativa																
Soluciones alternativas a la normativa																
Prestaciones finales del producto																
Datos básicos para el cumplimiento del CTE																
Grado de impermeabilidad	Zona pluviométrica de promedios CTE		Zona eólica		Tipo de terreno				Coeficiente de permeabilidad del terreno							
Datos de la fabricación del BT y transporte																
Localización fabricación BT																
Diferencias entre el proyecto y la puesta en obra																
Descripción de la modificación:																
Razón de la modificación:																
Observaciones:																

ENCUESTA

Página 1. Datos profesionales

1. Nombre y apellidos de la persona encuestada:
2. Email:
3. Ciudad en la que reside:
4. Institución a la que pertenece (indicar si pertenece a más de una):

Empresa (Fabricación/puesta en obra...)
Asociación relacionada con la construcción
Laboratorio
Institución docente (Universidad, formación profesional...)
Dirección Facultativa (Arquitecto, ingeniero...)
NS/NC
Otro (Por favor especifique)

5. Nombre de la Institución (si pertenece a más de una, nombres separadas por comas): EJEMPLO: Universidad de Sevilla, Arquitectura S.L.

6. Actividades que realiza (indique si desarrolla más de una):

Formación
Fabricación
Diseño
Ejecución y puesta en obra
Coordinación de la puesta en obra
Investigación
NS/NC

Página 2. Formación

7. ¿Dentro de qué marco docente se realiza la formación sobre bloque de tierra comprimida?

Docencia reglada (Universidad, formación profesional...)
Docencia no reglada (por ejemplo, en empresas para la formación de sus trabajadores)
NS/NC
Otro (Por favor especifique)

8. Si realiza DOCENCIA REGLADA, ¿dentro de qué TIPO DE CENTRO se lleva a cabo?

Tipo de Universidad
Tipo de Plan Docente
Duración de la docencia
Descripción de la formación

9. Denominación de la DOCENCIA REGLADA (si realiza más de una, nómbrela separadas por comas): EJEMPLO: Máster Oficial de Peritación y reparación de edificio, Curso experto sobre rehabilitación energética

10. Denominación de la formación DOCENCIA NO REGLADA (indique si se realizan más de un tipo de formación y su denominación correspondiente):

11. Si la materia se imparte en DOCENCIA NO REGLADA, ¿quién realiza la formación en referencia a BTC?

Destinada a: Tipo de formación: Duración

12. Denominación de la formación DOCENCIA NO REGLADA (indique si se realizan más de un tipo de formación y su denominación correspondiente):

13. Formación de las personas que imparten la materia (independientemente de si es DOCENCIA REGLADA O NO REGLADA):

Profesorado universitario
Personal de la empresa
Experto externo
NS/NC
Otro (Por favor especifique)

14. Denominación de la formación que no haya sido tratada con anterioridad (si realiza más de una, indíquelo)

15. Tipos de recursos empleados para la formación:

Catálogos comerciales de productos
Ejemplos y visitas de obras
Bibliografía específica
Realización de prácticas o ejercicio utilizando el producto
Otro (Por favor especifique)

Página 3. Fabricación

16. Marque la documentación o acreditaciones que posee el producto:

Certificado de conformidad
Prestaciones finales
Soluciones técnicas basada en los documentos básicos del CTE
Soluciones alternativas al CTE
Marcado CE del producto
Documentación de los suministros
Distintivos de calidad
Controles de los ensayos certificados por entidad acreditada
Controles de calidad: ensayos realizados por entidad no acreditada
Ninguno
NS/NC
Otro (Por favor especifique)

17. ¿Posee la empresa una ficha técnica del producto y es acorde a la normativa vigente?

Si, completa y adaptada a la normativa actual.

Si, pero faltan aspectos por completar o adaptar a la normativa.

Está en proceso.

No.

NS/NC

Otro (Por favor especifique)

18. Cuando suministra su producto, ¿Se le requiere la ficha técnica o acreditaciones?

Si, siempre

A veces

No

NS/NC

Otro (Por favor especifique)

19. Indique los aspectos exigibles por el CTE que se han desarrollado total o parcialmente:

Seguridad Estructural

Seguridad contra incendios

Salubridad

Ahorro de Energía

Protección contra el ruido

Otro (Por favor especifique)

20. Indique las razones por las que no se han desarrollado alguno de los anteriores aspectos:

Por la complejidad/dificultad para realizar los ensayos exigibles.

Por el elevado coste económico.

Por desconocimiento sobre la materia.

Porque no se ha solicitado para aplicarlo

NS/NC

Otro (Por favor especifique)

21. Si en las dos preguntas anteriores no se ha reflejado algún aspecto a tener en cuenta, indíquelo:

22. Obras a las que ha suministrado BTC (Tipo, uso, ciudad, país, año): EJEMPLO: - Vivienda unifamiliar aislada, residencial, Sevilla, España, 2013. -Edificio de una sola planta, formación, Córdoba, España, 2010.

23. Observaciones:

Página 4. Proyectista

23. Indique su formación profesional:

Arquitecto
Arquitecto Técnico / Aparejador
Ingeniero Industrial
Otro (Por favor especifique)

24. Obras que ha diseñado con BT indicando TIPOLOGÍA EDIFICATORIA-CIUDAD-PAÍS

25. De los proyectos anteriores que han sido expuestos, responda a las siguientes cuestiones:

Fecha de construcción de la obra
Uso del BT en el proyecto

26. ¿Por qué razón decidió usar el BTC como producto de construcción para sus proyectos?

Por sugerencia del cliente
A propuesta de los técnicos por sus cualidades
Por disponibilidad
Por sus valores medioambientales
NS/NC
Otro (Por favor especifique)

27. Indique si ha utilizado las siguientes fuentes de datos reflejadas en las columnas para obtener las características técnicas del producto indicadas en las filas:

Normativa española
Normativa internacional
Guías técnicas del producto
Fichas técnicas del producto
Datos referidos al producto
Controles del producto
Soluciones técnicas basadas en el CTE
Soluciones alternativas al CTE
Prestaciones finales del producto

28. ¿Cree la documentación técnica del producto es de fácil acceso?

Si
No
Depende de la empresa suministradora
NS/NC
Otro (Por favor especifique)

29. Valore la calidad y la utilidad de la documentación técnica actual del BTC disponible de las empresas suministradoras.

*Calidad de las fichas técnicas (datos disponibles, definición de los mismos...)
Utilidad de las fichas técnica*

30. Con respecto a los proyectos que ha elaborado, ¿se definieron estos aspectos de la elaboración del muro?

*Disposición de las hiladas
Enjarjes de las hiladas
Materiales compatibles con el producto
¿Se definieron estos aspectos?*

31. ¿Se resolvieron estos encuentros en los proyectos?

*Juntas de dilatación
Arranque de fachada desde cimentación
Encuentros de fachada con forjado
Encuentros de fachada con pilares
Anclajes a fachada
Aleros y cornisas
Encuentros de fachada con carpintería
Antepecho y albardillas
Aspectos*

32. ¿Y estos aspectos?

*Rozas
Hueco de instalaciones
Aspectos*

33. ¿Cuál es el nivel de satisfacción con respecto al producto?

*Obtención de la información desde la empresa suministradora
Dificultad de la definición y cumplimiento del producto en el proyecto
Expectativas del producto*

34. Observaciones que no hayan sido tenidas en cuenta en las preguntas anteriores:

Página 5. Ejecución y puesta en obra

35. Obras que ha realizado con BT indicando TIPOLOGÍA EDIFICATORIA-CIUDAD-PAÍS

36. De los proyectos anteriores que han sido expuestos, responda a las siguientes cuestiones:

Entidad de control en la obra
Fecha de construcción de la obra
Uso del BTC en el proyecto

37. En cada obra, ¿se disponía de toda la información necesaria para la ejecución con BTC?

Sí, es aportada por la DF o por el fabricante.
Si, debido a la experiencia de otras obras con el producto.
No.
NS/NC
Otro (Por favor especifique)

38. ¿Cuál es su nivel de satisfacción sobre la información técnica disponible (definición de los proyectos de ejecución, características del BTC en las fichas técnicas, manuales de ejecución...) para la correcta ejecución y puesta en obra mediante BTC?

Fichas técnicas de las empresas suministradora del producto
Definición del Proyecto de Ejecución
Experiencia del BTC de otras obras

39. Observaciones a tener en cuenta que no hayan sido reflejados en las preguntas anteriores con respecto a la puesta en obra del BT:

Página 6. Dirección de la obra (Técnicos)

40. Obras que ha supervisado con BT indicando TIPOLOGÍA EDIFICATORIA-CIUDAD-PAÍS

41. De los proyectos anteriores, responda a las siguientes cuestiones:

Existencia de entidad de control en la obra
Fecha de construcción de la obra
Uso del BT en el proyecto

42. Si en las obras se realizaron modificaciones con respecto a lo indicado en el proyecto de ejecución sobre el BT, indique cuales eran los motivos:

Debido a la falta de definición del BT
Debido a la incorrecta definición de las soluciones constructivas
Como mejora de la solución constructiva
Por cuestiones económicas
Porque el BTC no se ajustaba a lo indicado en proyecto

NS/NC
Otro (Por favor especifique)

43. ¿Supuso el empleo de BTC alguna ventaja?

Mejora térmica
Reducción de costes
Reducción de residuos
NS/NC
Otro (Por favor especifique)

44. ¿Supuso algún inconveniente (incrementos de coste, pérdida de calidad final,...)?

Incrementos de coste
Pérdida de calidad final
Disminución de la salubridad
Dificultad de puesta en obra
Operarios sin conocimiento del producto
NS/NC
Otro (Por favor especifique)

45. ¿Cuál es su nivel de satisfacción sobre uso del producto?

En la definición del BTC en el proyecto de ejecución
En el cumplimiento del BTC con respecto a la normativa
Colocación del obra del BTC
Expectativas del BTC

Página 7. Aspectos de Investigación

46. Centro o entidad de adscripción:

Pertenece a un grupo de investigación universitario
Pertenece a una empresa
Otro (Por favor especifique)

47. Nombre del Grupo de Investigación, empresa o institución en la que realiza la investigación sobre el producto.

48. ¿Ha realizado publicaciones sobre BT?

Si
No
Otro (Por favor especifique)

49. Ámbito/área en la que focaliza sus estudios/investigaciones:

Diseño sismoresistente
Materiales y sistemas constructivos
Mecánica y resistencia
Propiedades acústicas
Propiedades higrométricas
Propiedades térmicas
Resistencia al fuego
Otro (Por favor especifique)

Página 8. Grado de satisfacción del BTC. Final

50. El BT como producto para la construcción actual:

Se adapta a las necesidades actuales como producto de construcción
Es una alternativa más a los productos existentes en el mercado
Se conocen todos los aspectos necesarios para su utilización en obra
Ha cumplido las expectativas que se propusieron como objetivos en el proyecto

51. ¿Qué expectativas de desarrollo prevé sobre el BT? Indique el grado de satisfacción de cada uno de los aspectos señalados:

- *El BTC se utilizará como producto para la construcción.*
Se desarrollarán más aspectos de investigación en el futuro sobre el BTC dada su importancia.
Se desarrollarán más empresas que fabriquen y ejecuten el BT.

52. Sugerencias o aspectos a tener en cuenta para esta investigación:

LISTADO DE INMUEBLES ANALIZADOS (INVENTARIO)

ID	Tipo	Modelo	Ciudad / Provincia / Comunidad autónoma
00001	BTC	Vivienda Unifamiliar aislada de dos plantas, residencial	Renedo de la Vega, Palencia
00002	BTC	Vivienda Unifamiliar aislada de dos plantas, residencial	Renedo de la Vega, Palencia
00003	BTC	10 Viviendas unifamiliares aisladas	Amayuelas de Abajo, Palencia
00004	BTC	Edificaciones auxiliares	Amayuelas de Abajo, Palencia
00005	BTC	Rehabilitación edificios	Amayuelas de Abajo, Palencia
00006	BTC	Vivienda unifamiliar	Aldeanueva del Monte, Segovia
00007	BTC	Vivienda unifamiliar	Fraga, Huesca
00008	BTC	Vivienda unifamiliar	Gotarrendura, Ávila
00009	BTC	Escuela Municipal de Santa Eulalia de Ronçana	Barcelona
00010	BTC	La Tenada de Covachuelas	Covachuelas, Segovia
00011	BTC	Vivienda del arquitecto Can Cerdà	
00012	BTC	Nau industrial, oficinas	Vilamalla - Cataluña
00013	BTC	Vivienda	Segovia
00014	BTC	Vivienda unifamiliar bioclimática en Buitrago del Lozoya	Buitrago del Lozoya
00015	BTC	Alojamientos rurales en Puebla de la Sierra	Puebla de la Sierra
00016	BTC	Centro de Iniciativa Empresarial bioclimático en Berzosa del Lozoya	Berzosa del Lozoya
00017	BTC	Casa de Niños bioclimática en Cervera de Buitrago	Cervera de Buitrago
00018	BTC	Nave 04 bioclimática en el minipolígono de Berzosa del Lozoya	Berzosa del Lozoya
00019	BTC	Aula de Educación Ambiental en Pozuelo de Alarcón	Pozuelo de Alarcón
00020	BTC	Nave 05 bioclimática en el minipolígono de Berzosa del Lozoya	Berzosa del Lozoya
00021	Adobe	Rehabilitacion de vivienda.	San Mateo de Gallego
00022	Adobe	Rehabilitacion de vivienda	Burbaguena
00023	Adobe	Obra de nueva planta	Zaragoza
00024	Adobe	Vivienda unifamiliar	Zaragoza
00025	Adobe	Rehabilitacion de Nave Industrial	Peligros, Granada
00026	Adobe	Cortijo	Ronda, Málaga

00027	Adobe	Edificio de una planta, comercial, Espacio 800	Sevilla,
00028	Adobe	vivienda unifamiliar adosada, residencial	Dos Hermanas,
00029	BTC	Casa unifamiliar	Santa Eulalia de Ronçana-Cataluña
00030	BTC	Reforma casa unifam	Santa Cristina d'Aro - Cataluña
00031	BTC	Casa unifamiliar	Maçanet de Cabrenys - Cataluña
00032	BTC	Casa unifamiliar	Sant Esteve - Catalunya
00033	BTC	Casa autoconstruida	Maçanet de la Selva - Cataluña
00034	BTC	Casa autoconstruida	Camallera - Cataluña
00035	BTC	Reforma local cafeteria	Figueres - Cataluña
00036	BTC	Casa unifamiliar	Sant Feliu de Guixols - Cataluña
00037	Cannabric	Casa rural , vivienda aislada	Almeria
00038	Cannabric	Vivienda Unifamiliar	Aragón
00039	Cannabric	Vivienda Unifamiliar	Aragón
00040	Cannabric	Vivienda Unifamiliar	Aragón
00041	Cannabric	Vivienda Unifamiliar	Islas Canarias
00042	Cannabric	Vivienda Unifamiliar	Cataluña
00043	Cannabric	Vivienda Unifamiliar	Aragón
00044	Cannabric	Vivienda Unifamiliar	Aragón
00045	Cannabric	Vivienda Unifamiliar	Aragón
00046	Cannabric	Vivienda Unifamiliar	Cataluña
00047	Cannabric	Vivienda Unifamiliar	Aragón
00048	Cannabric	Vivienda Unifamiliar	Sevilla
00049	Cannabric	Vivienda Unifamiliar	Almería
00050	Cannabric	Vivienda Unifamiliar	Galicia
00051	Cannabric	Vivienda Unifamiliar	Galicia
00052	Cannabric	Vivienda Unifamiliar	Asturias
00053	Cannabric	Vivienda Unifamiliar	Asturias


00054	Cannabric	Vivienda Unifamiliar	Segovia
00055	Cannabric	Vivienda Unifamiliar	Madrid
00056	Cannabric	Vivienda Unifamiliar	Granada
00057	Cannabric	Vivienda Unifamiliar	Granada
00058	Cannabric	Vivienda Unifamiliar	Barbate
00059	Cannabric	Vivienda Unifamiliar	Murcia
00060	Cannabric	Vivienda Unifamiliar	Murcia
00061	Cannabric	Vivienda Unifamiliar	Ibiza
00062	Cannabric	Vivienda Unifamiliar	Ibiza
00063	Cannabric	Vivienda Unifamiliar	Ciudad Real
00064	Cannabric	Vivienda Unifamiliar	Pais Vasco
00065	Cannabric	Vivienda Unifamiliar	Menorca
00066	Cannabric	Vivienda Unifamiliar	Málaga
00067	Cannabric	Vivienda Unifamiliar	Pais Vasco
00068	BTC	Vivienda Unifamiliar	Biar, Alicante
00069	BTC	Cúpula	Ilucmajor, Baleares
00070	BTC	Vivienda Unifamiliar	Ilucmajor, Baleares

FABRICANTES

A continuación se muestran la relación de fabricantes y sus características:

Designación	Nombre de la empresa o fabricante	Web	Localización	Productos con BT
P1	Pedro Bel Anzúe	http://pedrobelarq.blogspot.com.es	Zaragoza	Adobe
P2	Adobera del norte	http://www.adoberadelnorte.com/	Amayuelas de Arriba	BTC - Adobe
P3	Solbloc	http://www.solbloc.es/	Santa Marta	BTC
P4	Cannabric	http://www.cannabric.com/	Guadix	BTC - Cannabric
P5	Ecorígenes			Adobe - BTC
P6	Ecocreamos	http://www.ecocreamos.com/	Baleares	BTC
P7	Bioterre	http://www.bioterre.es/	Gerona	BTC
P8	Alfarería Juan Carmo- na		Morón de la Frontera	BTC
P9	Habitat tierra	http://www.ceetydes.org	Madrid	BTC


FICHAS DE LOS CASOS DE ESTUDIO

Andalucía - ALM-001 - Vivienda unifamiliar aislada																
Tipo de bloque	Bloque de tierra con cáñamo.															
Dirección	Cortijo del Hornillo.															
Ciudad/Provincia	Sierra de Gador - Almería. Parque natural Cabo de Gata.															
País	España															
Datos básicos de la edificación																
Años de Construcción	2010	Observaciones	Superficie 302 m2 y útiles, 223 m2.													
Ocupación	Público	Privado	Sin uso	Con uso												
Tipología arquitectónica	Defensiva	Religiosa	Residencial	Otros: Alojamiento turístico												
Datos del entorno y parcela																
Altura localidad	Altura Nivel Freático	Vegetación	Acerado	Servidumbres de paso												
No se encuentran accidentes geográficos pronunciados en el entorno.	Desconocido. Ubicación en zona desértica.	Sin vegetación cercana.	Si	Se desconocen, el edificio se encuentra aislado.												
Agentes de la edificación																
Fabricante	Nombre	Cannabric														
Proyectista	Nombre y Apellidos	Almudena Mateo-Sagasta														
	Profesión	Arquitecto														
Dirección de Obra	Nombre y Apellidos	Pedro Romero														
	Profesión	Aparejador														
Constructora	Nombre	Construcciones Manuel Redondo S.L.														
	Dirección Empresa	-														
Promotor	Nombre y Apellidos	Propietarios														
Control de la obra	Nombre	-														
Uso del BT en el modelo																
Tipo	Cerramiento	Estructura	Partición interior	Otro												
Coste del BT	http://www.cannabric.com/media/documentos/b8305_tarifa_parcial_01_bloques_y_piezas.pdf															
FASE PROYECTO																
Razón Uso BT	Sugerencia del cliente	Cualidades	Disponibilidad	Valores ambientales												
Ventaja empleo BT	Mejora térmica	Reducción de costes	Reducción de residuos	Ns/Nc												
Observaciones																
FASE OBRA																
Inconvenientes del empleo	Incremento de costes	Pérdida de calidad final	Disminución de la salubridad	Dificultad de puesta en obra												
Observaciones																
FASE FINAL																
Nivel de satisfacción por cada agente de la edificación (D=Deficiente; A= Aceptable; O=Óptimo; NS= No sabe o no contesta)																
Agentes	Cliente				Proyectista				Dirección facultativa				Constructora			
Definición del BT en proyecto	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS
Cumplimiento del BT con respecto a la normativa	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS
Colocación del BT en obra	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS
Expectativas del BT en el futuro	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS
Observaciones																
No se ha podido obtener comunicación con la propiedad.																

Documentación que define el BT utilizado				
Documentación que tiene el BT según fabricante:	Certificado de conformidad	Prestaciones finales	Soluciones técnicas basadas en la normativa	Soluciones alternativas a la normativa
	Marcado CE del producto	Documentación del proceso de los suministros	Distintivos de calidad	Controles de los ensayos certificados
	Controles de calidad: Ensayos.	Otro:	Otro:	Otro:
Aspectos documentales de proyecto y puesta en obra				
Redacción de proyecto básico y de ejecución	Si No	Observaciones:		
Modificación en obra de aspectos del proyecto:	Falta de definición	Incorrecta definición de las soluciones constructivas	Mejora de las soluciones constructivas	Cuestiones económicas
	BT no se ajustaba a lo indicado en el proyecto	Ns/Nc	Otro: Se desconoce.	
Normativas o guías utilizadas				
Apartados de los documentos:	Normativa Española	Normativa internacional	Guías técnicas del producto	Fichas técnicas del producto
Datos referidos al producto	Si	No	Si	Si
Controles del producto	No	Si	-	-
Soluciones técnicas basadas en la normativa	Si	-	-	-
Soluciones alternativas a la normativa	No	-	-	-
Prestaciones finales del producto	Si	-	-	-
Datos básicos para el cumplimiento del CTE				
CTE - HS	Zona pluviométrica de promedios CTE	Zona eólica	Grado de Impermeabilidad	Tipo de terreno
	V	A	2	II
CTE - HE	Zona climática			
	B4			
Datos de la fabricación del BT y transporte				
Localización fabricación BT	Guadix (Granada)			
Diferencias entre el proyecto y la puesta en obra				
Descripción de la modificación:	-			
Razón de la modificación:	-			
Observaciones:				
<p>Vivienda de configuración regular con estructura de muros de carga realizados en su mayoría por bloques de cal, cáñamo y tierra. Su espesor es de 30 cms aprox. Se realizó sobre un zócalo de bloques de hormigón para que el bloque no quedara enterrado. Los muros de carga están sobre zapatas corridas y las fachadas, que no son de carga, sobre riostras. Bajo los BT se colocó una lámina de polipropileno que se levantó por fachada unos 30 cms por encima de la cota exterior. Los muros tienen una altura de 3 m y poseen unos huecos que van desde 1 m de luz de las ventanas hasta 2,20 m de luz del ventanal situado a suroeste, pasando por el 1,40 m de la puerta principal. Las cubiertas son planas. Los revestimientos son de enfoscados de cal tanto el exterior como el de las zonas húmedas, el resto de la casa está revestida con enlucido de yeso. Las carpinterías son de madera maciza con barniz al agua al exterior y al interior están pintadas de blanco con producto naturales. Hay algunos espacios que no tienen revestimiento (Información de Ecohabitar y Proyectista).</p>				

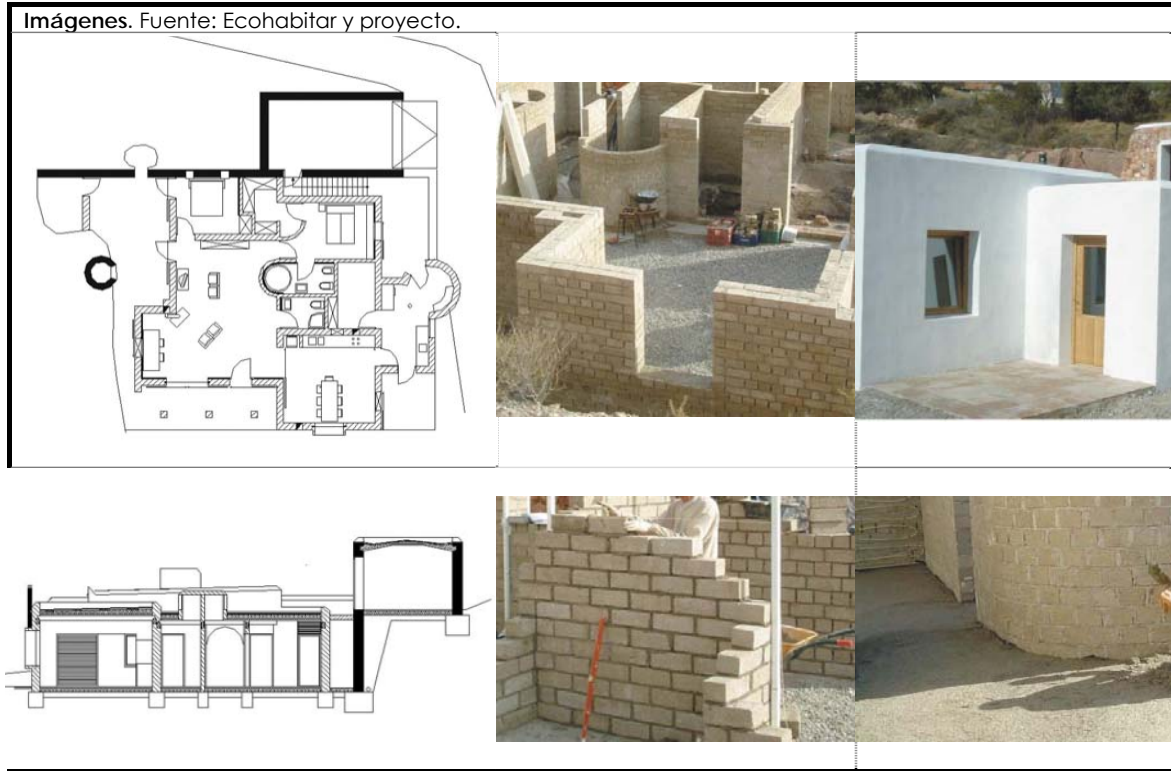
Imágenes. Fuente: Revista Ecohabitar y DF.



Andalucía - ALM-002 - Vivienda unifamiliar aislada																				
Tipo de BT	Bloque de tierra con cáñamo.																			
Dirección	-																			
Ciudad/Provincia	Sierra de Gador - Almería																			
País	España																			
Datos básicos de la edificación																				
Años de Construcción	2005	Observaciones	Superficie construida: 187 m2.																	
Ocupación	Público	Privado	Sin uso	Con uso																
Tipología arquitectónica	Defensiva	Religiosa	Residencial	Otros																
Datos del entorno y parcela																				
Altura localidad	Altura Nivel Freático	Vegetación	Acerado	Servidumbres de paso																
1	Zona montañosa	Vegetación cercana	Si	Se desconocen																
Agentes de la edificación																				
Fabricante	Nombre	Cannabric																		
Proyectista	Nombre y Apellidos	Almudena Sagasta																		
	Profesión	Arquitecto																		
Dirección de Obra	Nombre y Apellidos	Pedro Romero																		
	Profesión	Aparejador																		
Constructora	Nombre	Construcciones Manuel Redondo																		
	Dirección Empresa	-																		
Promotor	Nombre y Apellidos	Propietarios																		
Control de la obra	Nombre	-																		
Uso del BT en el modelo																				
Tipo	Cerramiento	Estructura	Partición interior	Otro																
Coste del BT	http://www.cannabric.com/media/documentos/b8305_tarifa_parcial_01_bloques_y_piezas.pdf																			
FASE PROYECTO																				
Razón Uso BT	Sugerencia del cliente	Cualidades	Disponibilidad	Valores ambientales																
Ventaja empleo BT	Mejora térmica	Reducción de costes	Reducción de residuos	Ns/Nc																
Observaciones																				
FASE OBRA																				
Inconvenientes del empleo	Incremento de costes	Pérdida de calidad final	Disminución de la salubridad	Dificultad de puesta en obra																
Observaciones																				
FASE FINAL																				
Nivel de satisfacción por cada agente de la edificación (D=Deficiente; A= Aceptable; O=Óptimo; NS= No sabe o no contesta)																				
Agentes	Cliente				Proyectista				Dirección facultativa				Constructora							
Definición del BT en proyecto	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS				
Cumplimiento del BT con respecto a la normativa	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS				
Colocación del BT en obra	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS				
Expectativas del BT en el futuro	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS				
Observaciones					No se ha podido establecer comunicación con la constructora.															

Documentación que define el BT utilizado				
Documentación que tiene el BT según fabricante:	Certificado de conformidad	Prestaciones finales	Soluciones técnicas basadas en la normativa	Soluciones alternativas a la normativa
	Marcado CE del producto	Documentación del proceso de los suministros	Distintivos de calidad	Controles de los ensayos certificados
	Controles de calidad: Ensayos.	Otro:	Otro:	Otro:
Aspectos documentales de proyecto y puesta en obra				
Redacción de proyecto básico y de ejecución	Si	No	Observaciones:	
Modificación en obra de aspectos del proyecto:	Falta de definición	Incorrecta definición de las soluciones constructivas	Mejora de las soluciones constructivas	Cuestiones económicas
	BT no se ajustaba a lo indicado en el proyecto	Ns/Nc	Otro:	
Normativas o guías utilizadas				
Apartados de los documentos:	Normativa Española	Normativa internacional	Guías técnicas del producto	Fichas técnicas del producto
Datos referidos al producto	Si	No	Si	Si, pero con aspectos que faltan por adaptar a la normativa
Controles del producto	Si	Si	-	-
Soluciones técnicas basadas en la normativa	Si	-	-	-
Soluciones alternativas a la normativa	-	-	-	-
Prestaciones finales del producto	Si	-	-	-
Datos básicos para el cumplimiento del CTE				
CTE - HS	Zona pluviométrica de promedios CTE	Zona eólica	Grado de Impermeabilidad	Tipo de terreno
	V	A	2	III
CTE - HE	Zona climática			
	B4			
Datos de la fabricación del BT y transporte				
Localización fabricación BT	Guadix (Granada)			
Diferencias entre el proyecto y la puesta en obra				
Descripción de la modificación:				
Razón de la modificación:				
Observaciones:				
Muros monocapa con bloques de cal, cáñamo y tierra. Morteros aislantes a base de cáñamo en solera y cubiertas. Acristalamiento doble. Ventanas de madera de doble cierre. Vivienda semienterrada al norte (efecto cueva en verano, protección térmica en invierno, regulador de temperatura en dormitorios situados al norte). Ventilación natural cruzada. Revocos y acabados exclusivamente de cal, más aislantes en invierno y con efecto osmosis en verano (Ecohabitar y descripción de la DF).				

Imágenes. Fuente: Ecohabitar y proyecto.




Andalucía – GRA-001 – Medianera – Nave industrial																
Tipo de BT	BTC															
Dirección	Calle Bubión, nº 30															
Ciudad/Provincia	Peligros, Granada															
País	España															
																
Datos básicos de la edificación																
Años de Construcción	2011				Observaciones	Es una ampliación de una vivienda existente.										
Ocupación	Público				Privado	Sin uso				Con uso						
Tipología arquitectónica	Defensiva				Religiosa	Residencial				Otros: Oficina.						
Datos del entorno y parcela																
Altura localidad	Altura Nivel Freático				Vegetación	Acerado				Servidumbres de paso						
2	Desconocido				No	Si				Se desconocen						
Agentes de la edificación																
Fabricante	Nombre				Red Verde (enlace comercial)											
Proyectista	Nombre y Apellidos				Kusha Goreishi (Q-ark arquitectos)											
	Profesión				Arquitecto											
Dirección de Obra	Nombre y Apellidos				Kusha Goreishi (Q-ark arquitectos)											
	Profesión				Aparejador											
Constructora	Nombre				-											
	Dirección Empresa				-											
Promotor	Nombre y Apellidos				BPS Group											
Control de la obra	Nombre				La propia empresa promotora.											
Uso del BT en el modelo																
Tipo	Cerramiento				Estructura	Partición interior				Otro						
Coste del BT	0,87 euros/unidad															
FASE PROYECTO																
Razón Uso BTC	Sugerencia del cliente				Cualidades	Disponibilidad				Valores ambientales						
Ventaja empleo BTC	Mejora térmica				Reducción de costes	Reducción de residuos				Ns/Nc						
Observaciones	La empresa promotora participa activamente en el proceso de adaptación de la nave.															
FASE OBRA																
Inconvenientes del empleo	Incremento de costes				Pérdida de calidad final	Disminución de la salubridad				Dificultad de puesta en obra						
Observaciones																
FASE FINAL																
Nivel de satisfacción por cada agente de la edificación (D=Deficiente; A= Aceptable; O=Óptimo; NS= No sabe o no contesta)																
Agentes	Cliente				Proyectista				Dirección facultativa				Constructora			
Definición del BT en proyecto	D	A	<input checked="" type="radio"/>	NS	D	A	<input checked="" type="radio"/>	NS	D	A	<input checked="" type="radio"/>	NS	D	A	<input checked="" type="radio"/>	NS
Cumplimiento del BT con respecto a la normativa	D	A	<input checked="" type="radio"/>	NS	D	A	<input checked="" type="radio"/>	NS	D	A	<input checked="" type="radio"/>	NS	D	A	<input checked="" type="radio"/>	NS
Colocación del BT en obra	D	A	<input checked="" type="radio"/>	NS	D	A	<input checked="" type="radio"/>	NS	D	A	<input checked="" type="radio"/>	NS	D	A	<input checked="" type="radio"/>	NS
Expectativas del BT en el futuro	D	A	<input checked="" type="radio"/>	NS	D	A	<input checked="" type="radio"/>	NS	D	A	<input checked="" type="radio"/>	NS	D	A	<input checked="" type="radio"/>	NS
Observaciones	No ha sido posible la comunicación con la constructora.															

Documentación que define el BT utilizado				
Documentación que tiene el BT según fabricante:	Certificado de conformidad	Prestaciones finales	Soluciones técnicas basadas en la normativa	Soluciones alternativas a la normativa
	Marcado CE del producto	Documentación del proceso de los suministros	Distintivos de calidad	Controles de los ensayos certificados
	Controles de calidad: Ensayos.	Otro: Ninguno	Otro:	Otro:
Aspectos documentales de proyecto y puesta en obra				
Redacción de proyecto básico y de ejecución	Si	No	Observaciones:	
Modificación en obra de aspectos del proyecto:	Falta de definición	Incorrecta definición de las soluciones constructivas	Mejora de las soluciones constructivas	Cuestiones económicas
	BT no se ajustaba a lo indicado en el proyecto	Ns/Nc	Otro:	
Normativas o guías utilizadas				
Apartados de los documentos:	Normativa Española	Normativa internacional	Guías técnicas del producto	Fichas técnicas del producto
Datos referidos al producto	Si	No	No	No
Controles del producto	Si	No	No	No
Soluciones técnicas basadas en la normativa	No	No	No	No
Soluciones alternativas a la normativa	Si	Si	Si	No
Prestaciones finales del producto	Si	Si	Si	Si
Datos básicos para el cumplimiento del CTE				
CTE - HS	Zona pluviométrica de promedios CTE	Zona eólica	Grado de Impermeabilidad	Tipo de terreno
	III	A	3	IV
CTE - HE	Zona climática			
	C3			
Datos de la fabricación del BT y transporte				
Localización fabricación BT	Morón de la frontera (Sevilla)			
Diferencias entre el proyecto y la puesta en obra				
Descripción de la modificación:				
Razón de la modificación:				
Observaciones:				
Se trata de la reforma de una nave industrial mediante el uso de elementos naturales y sistema vegetales. Las medianeras de la nave industrial han sido complementadas con una hoja interior de BT y aislamiento térmico entre la hoja interior y la medianera. En la base de la hoja interior se coloca una hilada de ladrillo cerámico.				

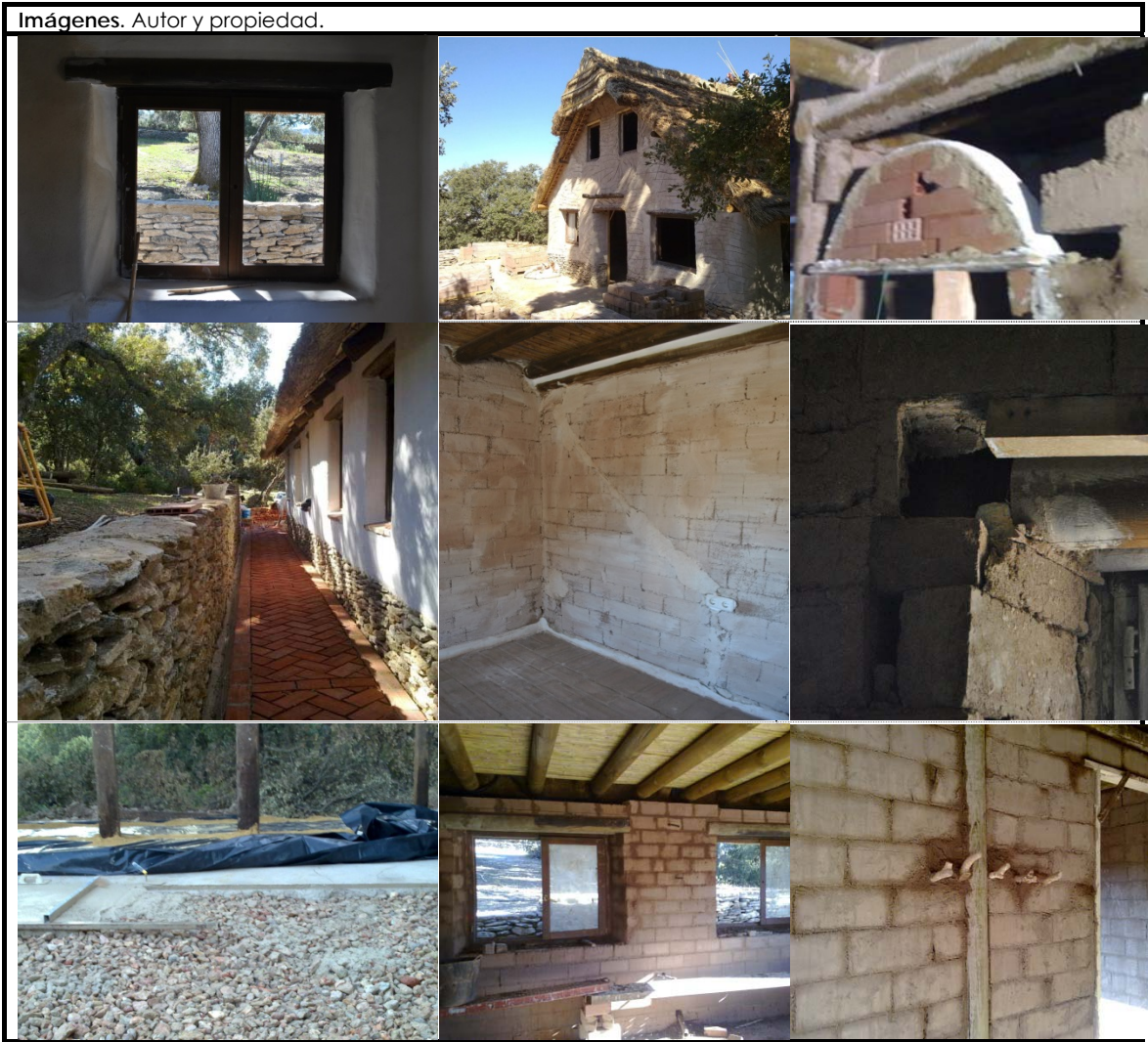
Imágenes. Autor y BSP group



Andalucía – MAL-001 – Aula de naturaleza				
Tipo de BT	BTE			
Dirección	Algaba de Ronda. Carretera Ronda-Algeciras Kilómetro 4.5,			
Ciudad/Provincia	Ronda, Málaga.			
País	España			
				
Datos básicos de la edificación				
Años de Construcción	2011	Observaciones	Se trata de un centro de educación ambiental.	
Ocupación	Público	Privado	Sin uso	Con uso
Tipología arquitectónica	Defensiva	Religiosa	Residencial	Otros
Datos del entorno y parcela				
Altura localidad	Altura Nivel Freático	Vegetación	Acerado	Servidumbres de paso
-	Zona montañosa	No	Si	Se desconocen
Agentes de la edificación				
Fabricante	Nombre	Alfarería Juan Carmona (Morón de la Frontera)		
Proyectista	Nombre y Apellidos	-		
	Profesión	-		
Dirección de Obra	Nombre y Apellidos	-		
	Profesión	-		
Constructora	Nombre	-		
	Dirección Empresa	-		
Promotor	Nombre y Apellidos	La Algaba de Ronda		
Control de la obra	Nombre	-		
Uso del BT en el modelo				
Tipo	Cerramiento (Interior)	Estructura	Partición interior	Otro
Coste del BT				
FASE PROYECTO				
Razón Uso BT	Sugerencia del cliente	Cualidades	Disponibilidad	Valores ambientales
Ventaja empleo BT	Mejora térmica	Reducción de costes	Reducción de residuos	Ns/Nc
Observaciones				
FASE OBRA				
Inconvenientes del empleo	Incremento de costes	Pérdida de calidad final	Disminución de la salubridad	Dificultad de puesta en obra
Observaciones				
FASE FINAL				
Nivel de satisfacción por cada agente de la edificación (D=Deficiente; A= Aceptable; O=Óptimo; NS= No sabe o no contesta)				
Agentes	Cliente	Proyectista	Dirección facultativa	Constructora
Definición del BT en proyecto	D A O NS	D A O NS	D A O NS	D A O NS
Cumplimiento del BT con respecto a la normativa	D A O NS	D A O NS	D A O NS	D A O NS
Colocación del BT en obra	D A O NS	D A O NS	D A O NS	D A O NS
Expectativas del BT en el futuro	D A O NS	D A O NS	D A O NS	D A O NS
Observaciones	Se desconoce la existencia de dirección facultativa en este proyecto. El nivel de satisfacción del cliente es bajo debido a las soluciones adoptadas, no por el material en sí.			

Documentación que define el BT utilizado				
Documentación que tiene el BT según fabricante:	Certificado de conformidad	Prestaciones finales	Soluciones técnicas basadas en la normativa	Soluciones alternativas a la normativa
	Marcado CE del producto	Documentación del proceso de los suministros	Distintivos de calidad	Controles de los ensayos certificados
	Controles de calidad: Ensayos.	Otro: Ninguno	Otro:	Otro:
Aspectos documentales de proyecto y puesta en obra				
Redacción de proyecto básico y de ejecución	Si	No	Observaciones:	Se hizo la obra sin proyecto ni técnico competente.
Modificación en obra de aspectos del proyecto:	Falta de definición	Incorrecta definición de las soluciones constructivas	Mejora de las soluciones constructivas	Cuestiones económicas
	BT no se ajustaba a lo indicado en el proyecto	Ns/Nc	Otro:	
Normativas o guías utilizadas				
Apartados de los documentos:	Normativa Española	Normativa internacional	Guías técnicas del producto	Fichas técnicas del producto
Datos referidos al producto	-	-	-	-
Controles del producto	-	-	-	-
Soluciones técnicas basadas en la normativa	-	-	-	-
Soluciones alternativas a la normativa	-	-	-	-
Prestaciones finales del producto	-	-	-	-
Datos básicos para el cumplimiento del CTE				
CTE - HS	Zona pluviométrica de promedios CTE	Zona eólica	Grado de Impermeabilidad	Tipo de terreno
	II	B	4	III
CTE - HE	Zona climática			
	C2			
Datos de la fabricación del BT y transporte				
Localización fabricación BT	Morón de la frontera (Sevilla)			
Diferencias entre el proyecto y la puesta en obra				
Descripción de la modificación:				
Razón de la modificación:				
Observaciones:				
<p>Edificio de configuración regular de dos plantas con cimentación de pozos para embutir las traviesas de madera. Solera de hormigón de cal sin armar con canto de unos 10 a 15 cm de espesor en el punto de máximo espesor debido a la pendiente del solar. Posee un zócalo perimetral de piedra natural de 60 cm de alto. La mampostería está tomada a junta seca en la mitad exterior y con mortero de cal en las juntas interiores paralelas al muro del entramado de madera. Tiene un entramado de madera de traviesas de unos 2,40 m de altura es base estructural del cerramiento de tierra paja. A partir del zócalo de piedra el muro está compuesto por una cara exterior de muro de tierra paja, cámara de aire y tabique de BT extruido de 10 cm de espesor en el interior. El forjado intermedio es de rollizos con 12 cm de diámetro cada 40 cms sobre los que asienta una capa de caña cosida y grapada, una tela de yute, mortero aligerado con corcho, arena y tarima de madera como suelo terminado. La cubierta también se realiza con rollizos de aproximadamente 12 cm de diámetro, sobre los que se disponen un entramado de caña atada sobre las que asienta el cañizo cosido y grapado, a continuación se coloca un manto de paja. La tabiquería interior realizada íntegramente de BT extruido, se dispone en panderete tomados con mortero de barro. Solo se realizan tabiques de ladrillo hueco simple en la separación de los aseos de planta primera. Rozas realizadas en los bte (La información procede del documento realizado por la Asociación Terrand para el conocimiento del estado actual del edificio en mayo 2012 debido a lesiones en el inmueble).</p>				

Imágenes. Autor y propiedad.

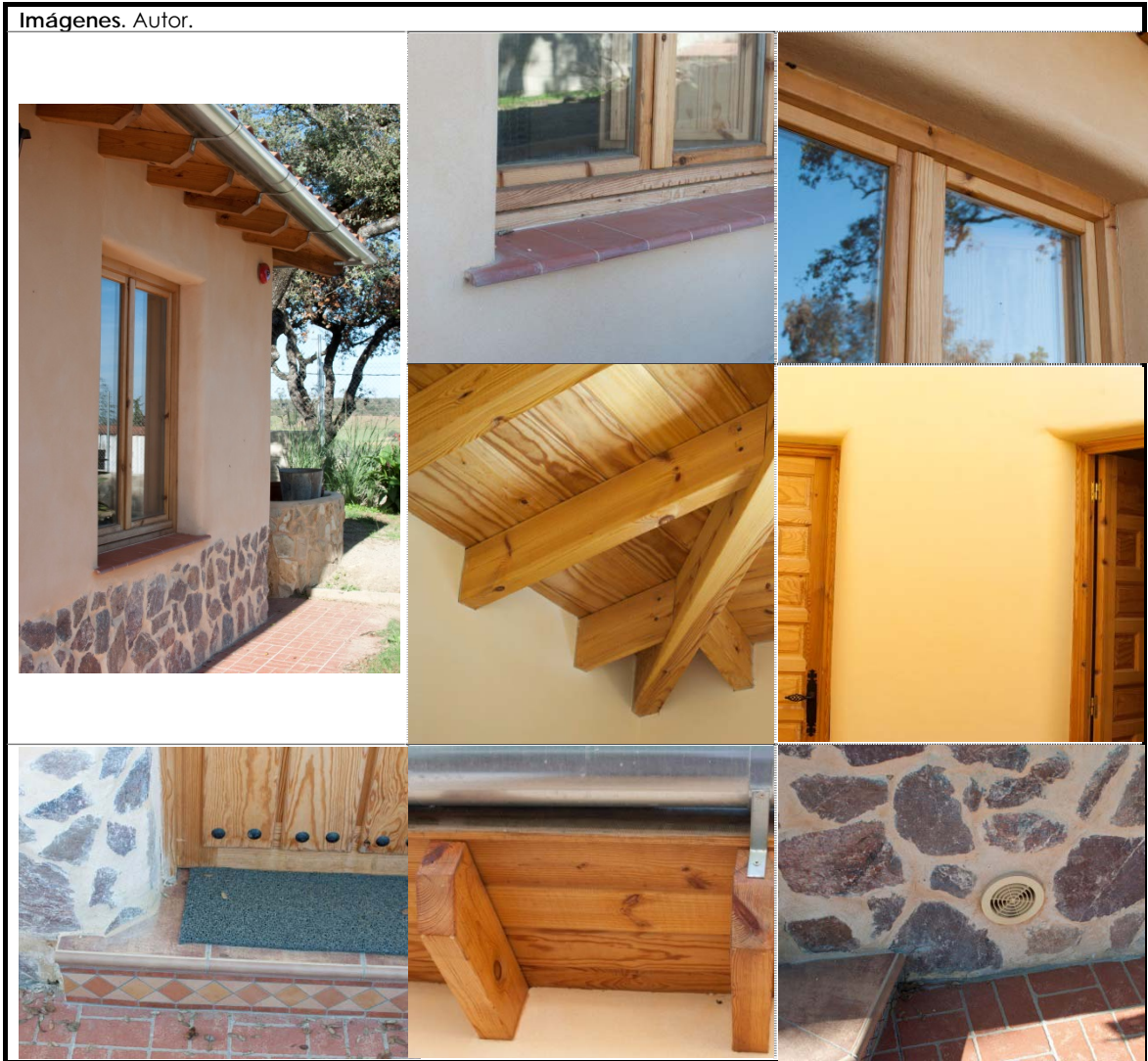



Andalucía – SEV-001 – Vivienda unifamiliar aislada																
Tipo de BT	Bloque de tierra con cáñamo.															
Dirección	Nota al pie ¹¹⁶															
Ciudad/Provincia	Provincia de Sevilla															
País	España															
Datos básicos de la edificación																
Años de Construcción	2012-13	Observaciones	La obra tardó un año en realizarse.													
Ocupación	Público	Privado	Sin uso	Con uso												
Tipología arquitectónica	Defensiva	Religiosa	Residencial	Otros												
Datos del entorno y parcela																
Altura localidad	Altura Nivel Freático	Vegetación	Acerado	Servidumbres de paso												
1	Desconocido	Vegetación cercana	Si	Se desconocen												
Agentes de la edificación																
Fabricante	Nombre	Cannabric														
Proyectista	Nombre y Apellidos	-														
	Profesión	Arquitecto														
Dirección de Obra	Nombre y Apellidos	-														
	Profesión	Aparejador														
Constructora	Nombre	Ecorígenes														
	Dirección Empresa	-														
Promotor	Nombre y Apellidos	Propietarios														
Control de la obra	Nombre	-														
Uso del BT en el modelo																
Tipo	Cerramiento	Estructura	Partición interior	Otro												
Coste del BT	http://www.cannabric.com/media/documentos/b8305_tarifa_parcial_01_bloques_y_piezas.pdf															
FASE PROYECTO																
Razón Uso BT	Sugerencia del cliente	Cualidades	Disponibilidad	Valores ambientales												
Ventaja empleo BT	Mejora térmica	Reducción de costes	Reducción de residuos	Ns/Nc												
Observaciones	Los propietarios querían tener una vivienda que fuese sostenible.															
FASE OBRA																
Inconvenientes del empleo	Incremento de costes	Pérdida de calidad final	Disminución de la salubridad	Dificultad de puesta en obra												
Observaciones																
FASE FINAL																
Nivel de satisfacción por cada agente de la edificación (D=Deficiente; A= Aceptable; O=Óptimo; NS= No sabe o no contesta)																
Agentes	Cliente		Proyectista		Dirección facultativa		Constructora									
Definición del BT en proyecto	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS
Cumplimiento del BT con respecto a la normativa	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS
Colocación del BT en obra	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS

¹¹⁶ Por petición de sus propietarios, no aparece la dirección de la vivienda ni el municipio.

Expectativas del BT en el futuro	D	A	<input checked="" type="radio"/>	NS	D	A	<input checked="" type="radio"/>	NS	D	A	<input checked="" type="radio"/>	NS	D	A	<input checked="" type="radio"/>	NS
Observaciones	La promotora indica que la vivienda es usada de manera asidua por lo que tanto en verano como en invierno es necesario un período de adaptación de la vivienda a los cambios. Tarda mucho en enfriar y mucho en calentar. Además con el hueco interior pierden inercia térmica pero estéticamente es un elemento que les agrada. El grado de satisfacción, en general, es muy alto.															
Documentación que define el BT utilizado																
Documentación que tiene el BT según fabricante:	Certificado de conformidad	Prestaciones finales		Soluciones técnicas basadas en la normativa		Soluciones alternativas a la normativa										
	Marcado CE del producto	Documentación del proceso de los suministros		Distintivos de calidad		Controles de los ensayos certificados										
	Controles de calidad: Ensayos.	Otro:		Otro:		Otro:										
Aspectos documentales de proyecto y puesta en obra																
Redacción de proyecto básico y de ejecución	<input checked="" type="checkbox"/> Sí		<input type="checkbox"/> No		Observaciones:											
Modificación en obra de aspectos del proyecto:	Falta de definición		Incorrecta definición de las soluciones constructivas		Mejora de las soluciones constructivas		Cuestiones económicas									
	BT no se ajustaba a lo indicado en el proyecto		Ns/Nc		Otro:											
Normativas o guías utilizadas																
Apartados de los documentos:	Normativa Española		Normativa internacional		Guías técnicas del producto		Fichas técnicas del producto									
Datos referidos al producto	Sí		No		Sí		Sí									
Controles del producto	Sí		Sí		-		-									
Soluciones técnicas basadas en la normativa	Sí		-		-		-									
Soluciones alternativas a la normativa	-		-		-		-									
Prestaciones finales del producto	Sí		-		-		-									
Datos básicos para el cumplimiento del CTE																
CTE - HS	Zona pluviométrica de promedios CTE		Zona eólica		Grado de Impermeabilidad		Tipo de terreno									
	III		A		3		III									
CTE - HE	Zona climática															
	B4															
Datos de la fabricación del BT y transporte																
Localización fabricación BT	Guadix (Granada)															
Diferencias entre el proyecto y la puesta en obra																
Descripción de la modificación:	Se incluyeron nuevos elementos en obra que aumentaron el coste de la vivienda.															
Razón de la modificación:	Mejoras en la vivienda.															
Observaciones:																
Vivienda de configuración circular de una planta con muros portantes de bloques de cal, cáñamo y tierra aparejados revestidos con mortero de cal. Sobrecimentación con ventilación ejecutado con piedra tomadas con morteros de cal sobre zapatas corridas de hormigón armado. Huecos de carpintería de madera con alféizar de pieza cerámica con goterón. Cubierta de madera con vuelo con respecto a la fachada y canalón para la recogida de agua. Terreno colindante plano.																

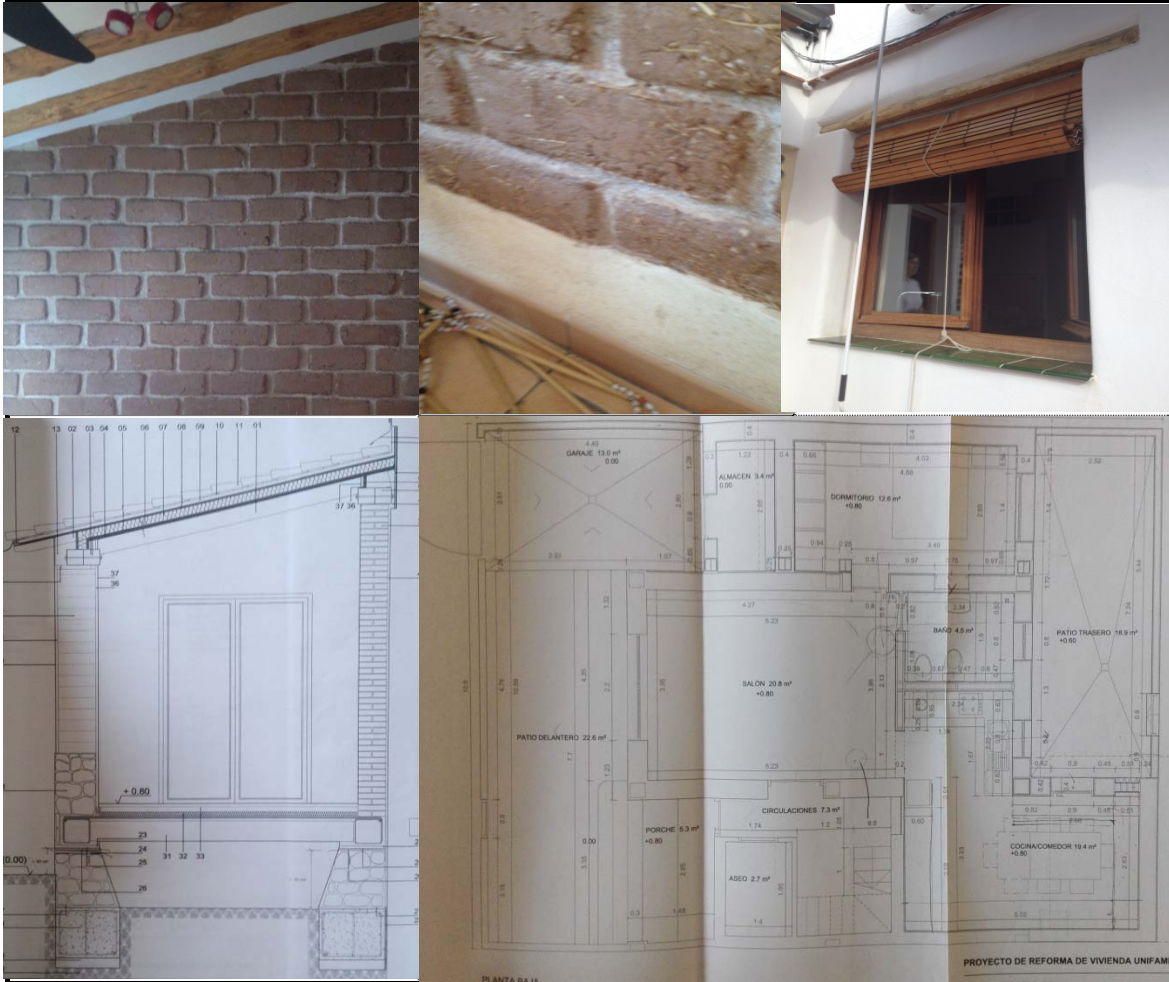
Imágenes. Autor.




Andalucía – SEV-002 – Ampliación de vivienda unifamiliar adosada																
Tipo de BT	Adobe															
Dirección	Montequinto															
Ciudad/Provincia	Dos Hermanas															
País	España															
Datos básicos de la edificación																
Años de Construcción	2012	Observaciones	Es una ampliación de una vivienda existente.													
Ocupación	Público	Privado	Sin uso	Con uso												
Tipología arquitectónica	Defensiva	Religiosa	Residencial	Otros												
Datos del entorno y parcela																
Altura localidad	Altura Nivel Freático	Vegetación	Acerado	Servidumbres de paso												
1	Desconocido	No	Si	Se desconocen												
Agentes de la edificación																
Fabricante	Nombre	Ecorígenes – Laurent Conquemont														
Proyectista	Nombre y Apellidos	-														
	Profesión	Arquitecto														
Dirección de Obra	Nombre y Apellidos	-														
	Profesión	Aparejador														
Constructora	Nombre	Ecorígenes														
	Dirección Empresa	-														
Promotor	Nombre y Apellidos	Propietarios														
Control de la obra	Nombre	-														
Uso del BT en el modelo																
Tipo	Cerramiento	Estructura	Partición interior	Otro												
Coste del BT	Desconocido	Desconocido	Desconocido	-												
FASE PROYECTO																
Razón Uso BT	Sugerencia del cliente	Cualidades	Disponibilidad	Valores ambientales												
Ventaja empleo BT	Mejora térmica	Reducción de costes	Reducción de residuos	Ns/Nc												
Observaciones	Ellos pertenecen a una cooperativa llamada la Ortiga situada en c/Cristo del Buen Fin Nº 4, Sevilla y conocían el uso de la tierra como material constructivo. Quisieron que su casa estuviera construida o al menos parte, con tierra.															
FASE OBRA																
Inconvenientes del empleo	Incremento de costes	Pérdida de calidad final	Disminución de la salubridad	Dificultad de puesta en obra												
Observaciones																
FASE FINAL																
Nivel de satisfacción por cada agente de la edificación (D=Deficiente; A= Aceptable; O=Óptimo; NS= No sabe o no contesta)																
Agentes	Cliente				Proyectista				Dirección facultativa				Constructora			
Definición del BT en proyecto	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS
Cumplimiento del BT con respecto a la normativa	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS
Colocación del BT en obra	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS
Expectativas del BT en el futuro	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS
Observaciones	Los promotores están muy contentos con el material en su vivienda. Muchas personas han venido a conocer la vivienda para ver el funcionamiento de la misma.															

Documentación que define el BT utilizado				
Documentación que tiene el BT según fabricante:	Certificado de conformidad	Prestaciones finales	Soluciones técnicas basadas en la normativa	Soluciones alternativas a la normativa
	Marcado CE del producto	Documentación del proceso de los suministros	Distintivos de calidad	Controles de los ensayos certificados
	Controles de calidad: Ensayos.	Otro: Ninguno	Otro:	Otro:
Aspectos documentales de proyecto y puesta en obra				
Redacción de proyecto básico y de ejecución	Si	No	Observaciones:	Los promotores tienen una copia de parte del proyecto pero no aparece el nombre de los arquitectos.
Modificación en obra de aspectos del proyecto:	Falta de definición	Incorrecta definición de las soluciones constructivas	Mejora de las soluciones constructivas	Cuestiones económicas
	BT no se ajustaba a lo indicado en el proyecto	Ns/Nc	Otro:	
Normativas o guías utilizadas				
Apartados de los documentos:	Normativa Española	Normativa internacional	Guías técnicas del producto	Fichas técnicas del producto
Datos referidos al producto	Si	-	-	-
Controles del producto	-	-	-	-
Soluciones técnicas basadas en la normativa	-	-	-	-
Soluciones alternativas a la normativa	-	-	-	-
Prestaciones finales del producto	-	-	-	-
Datos básicos para el cumplimiento del CTE				
CTE - HS	Zona pluviométrica de promedios CTE	Grado de exposición al viento CTE	Grado de Impermeabilidad	Tipo de terreno
	III	A	3	IV
CTE - HE	Zona climática			
	B4			
Datos de la fabricación del BT y transporte				
Localización fabricación BT	Sevilla.			
Diferencias entre el proyecto y la puesta en obra				
Descripción de la modificación:				
Razón de la modificación:				
Observaciones:				
Ampliación de la vivienda existente de configuración ortogonal con muros portantes de adobe tomados con mortero de cal hidráulica sobre forjado sanitario y zapatas corridas de hormigón armado. Colocación de lámina impermeabilizante sobre cimentación. Revestimiento de mortero de cal, arena y paja. Particiones con panel de quincha de 15 cm de espesor. Cubierta de madera, aislante de fibra de cáñamo y tejas cerámicas apoyada sobre coronación de rastreles de madera colocados sobre el muro y canalón de zinc (Información del proyecto de ejecución).				

Imágenes. Autor.




Andalucía – SEV-003 – Local comercial																
Tipo de BT	Adobe															
Dirección	Plaza Dr. González Gramaje, 4 Bajo															
Ciudad/Provincia	Sevilla															
País	España															
																
Datos básicos de la edificación																
Años de Construcción	2012	Observaciones	Es una reforma-adaptación de un local.													
Ocupación	Público	Privado	Sin uso	Con uso												
Tipología arquitectónica	Defensiva	Religiosa	Residencial	Otros												
Datos del entorno y parcela																
Altura entorno	Altura Nivel Freático	Vegetación	Acerado	Servidumbres de paso												
9-10 plantas	Desconocido	Si	Si	Se desconocen												
Agentes de la edificación																
Fabricante	Nombre	Taller Las golondrinas.														
Proyectista	Nombre y Apellidos	-														
	Profesión	Álvaro La Rosa Talleri y Ángel Gamero Viñau.														
Dirección de Obra	Nombre y Apellidos	-														
	Profesión	-														
Constructora	Nombre	Ecorígenes – Laurent Conquemont (enfoscados)- Jesús Sallabera Molina (carpintería de madera)- Jesus Diaz Meco (vidrieras)														
	Dirección Empresa	-														
Promotor	Nombre y Apellidos	Propietarios														
Control de la obra	Nombre	-														
Uso del BT en el modelo																
Tipo	Cerramiento	Estructura	Partición interior	Otro												
Coste del BT	Desconocido	Desconocido	Desconocido	-												
FASE PROYECTO																
Razón Uso BT	Sugerencia del cliente	Cualidades	Disponibilidad	Valores ambientales												
Ventaja empleo BT	Mejora térmica	Reducción de costes	Reducción de residuos	Ns/Nc												
Observaciones	No se ha tenido acceso al proyecto ni a la dirección facultativa.															
FASE OBRA																
Inconvenientes del empleo	Incremento de costes	Pérdida de calidad final	Disminución de la salubridad	Dificultad de puesta en obra												
Observaciones	Al finalizar la obra tuvieron un problema con una obra colindante y el local sufrió lesiones de fisuración por asentamiento diferencial del cerramiento.															
FASE FINAL																
Nivel de satisfacción por cada agente de la edificación (D=Deficiente; A= Aceptable; O=Óptimo; NS= No sabe o no contesta)																
Agentes	Cliente				Proyectista				Dirección facultativa				Constructora			
Definición del BT en proyecto	D	A	<input checked="" type="radio"/>	NS	D	A	<input type="radio"/>	NS	D	A	<input type="radio"/>	NS	D	A	<input checked="" type="radio"/>	NS
Cumplimiento del BT con respecto a la normativa	D	A	<input type="radio"/>	NS	D	A	<input type="radio"/>	NS	D	A	<input type="radio"/>	NS	D	A	<input checked="" type="radio"/>	NS
Colocación del BT en obra	D	A	<input checked="" type="radio"/>	NS	D	A	<input type="radio"/>	NS	D	A	<input type="radio"/>	NS	D	A	<input checked="" type="radio"/>	NS
Expectativas del BT en el futuro	D	A	<input checked="" type="radio"/>	NS	D	A	<input type="radio"/>	NS	D	A	<input type="radio"/>	NS	D	A	<input checked="" type="radio"/>	NS
Observaciones	No ha sido posible la localización de la dirección facultativa.															

Documentación que define el BT utilizado				
Documentación que tiene el BT según fabricante:	Certificado de conformidad	Prestaciones finales	Soluciones técnicas basadas en la normativa	Soluciones alternativas a la normativa
	Marcado CE del producto	Documentación del proceso de los suministros	Distintivos de calidad	Controles de los ensayos certificados
	Controles de calidad: Ensayos.	Otro: Ninguna documentación	Otro:	Otro:
Aspectos documentales de proyecto y puesta en obra				
Redacción de proyecto básico y de ejecución	Si	No	Observaciones:	No se ha tenido acceso al proyecto.
Modificación en obra de aspectos del proyecto:	Falta de definición	Incorrecta definición de las soluciones constructivas	Mejora de las soluciones constructivas	Cuestiones económicas
	BT no se ajustaba a lo indicado en el proyecto	Ns/Nc	Otro:	
Normativas o guías utilizadas				
Apartados de los documentos:	Normativa Española	Normativa internacional	Guías técnicas del producto	Fichas técnicas del producto
Datos referidos al producto	-	-	-	-
Controles del producto	-	-	-	-
Soluciones técnicas basadas en la normativa	-	-	-	-
Soluciones alternativas a la normativa	-	-	-	-
Prestaciones finales del producto	-	-	-	-
Datos básicos para el cumplimiento del CTE				
CTE - HS	Zona pluviométrica de promedios CTE	Zona eólica	Grado de Impermeabilidad	Tipo de terreno
	III	A	3	V
CTE - HE	Zona climática			
	B4			
Datos de la fabricación del BT y transporte				
Localización fabricación BT	Sevilla.			
Diferencias entre el proyecto y la puesta en obra				
Descripción de la modificación:				
Razón de la modificación:				
Observaciones:				
Se trata de una adaptación de un local existente a centro espiritual que favorece la concentración y meditación. Al cerramiento se le añade una hoja interior compuesta por adobes tomados con mortero de cal y revestidos con mortero de tierra. Particiones interiores de bloque. Ventanas metálica corredera y puertas de madera. Se desconoce la utilización de elemento impermeabilizante en la zona inferior de la hoja interior del cerramiento. El baño está revestido con tadelak y el suelo es de mosaico hidráulico. La vegetación colindante al local se encuentra a una distancia mayor de un metro. El local está rodeado de acerado.				

Imágenes. Autor y página web.





Aragón – HUE-001 – Vivienda unifamiliar aislada																
Tipo de BT	Bloques de tierra con cáñamo.															
Dirección	La dirección no será mostrada.															
Ciudad/Provincia	Huesca															
País	España															
																
Datos básicos de la edificación																
Años de Construcción	2005	Observaciones														
Ocupación	Público	Privado	Sin uso	Con uso												
Tipología arquitectónica	Defensiva	Religiosa	Residencial	Otros												
Datos del entorno y parcela																
Altura localidad	Altura Nivel Freático	Vegetación	Acerado	Servidumbres de paso												
-	-	Sí	Si	Se desconocen												
Agentes de la edificación																
Fabricante	Nombre	Cannabric														
Proyectista	Nombre y Apellidos	Petra Jebens-Zirkel														
	Profesión	Arquitecta														
Dirección de Obra	Nombre y Apellidos	-														
	Profesión	-														
Constructora	Nombre	-														
	Dirección Empresa	-														
Promotor	Nombre y Apellidos	Propietarios.														
Control de la obra	Nombre	-														
Uso del BT en el modelo																
Tipo	Cerramiento (Interior)	Estructura	Partición interior	Otro												
Coste del BT	www.cannabric.com															
FASE PROYECTO																
Razón Uso BT	Sugerencia del cliente	Cualidades	Disponibilidad	Valores ambientales												
Ventaja empleo BT	Mejora térmica	Reducción de costes	Reducción de residuos	Ns/Nc												
Observaciones																
FASE OBRA																
Inconvenientes del empleo	Incremento de costes	Pérdida de calidad final	Disminución de la salubridad	Dificultad de puesta en obra												
Observaciones																
FASE FINAL																
Nivel de satisfacción por cada agente de la edificación (D=Deficiente; A= Aceptable; O=Óptimo; NS= No sabe o no contesta)																
Agentes	Cliente				Proyectista				Dirección facultativa				Constructora			
Definición del BT en proyecto	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS
Cumplimiento del BT con respecto a la normativa	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS
Colocación del BT en obra	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS
Expectativas del BT en el futuro	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS
Observaciones	No ha sido posible la comunicación con los promotores ni con la constructora.															

Documentación que define el BT utilizado				
Documentación que tiene el BT según fabricante:	Certificado de conformidad	Prestaciones finales	Soluciones técnicas basadas en la normativa	Soluciones alternativas a la normativa
	Marcado CE del producto	Documentación del proceso de los suministros	Distintivos de calidad	Controles de los ensayos certificados
	Controles de calidad: Ensayos.	Otro:	Otro:	Otro:
Aspectos documentales de proyecto y puesta en obra				
Redacción de proyecto básico y de ejecución	Si	No	Observaciones:	
Modificación en obra de aspectos del proyecto:	Falta de definición	Incorrecta definición de las soluciones constructivas	Mejora de las soluciones constructivas	Cuestiones económicas
	BT no se ajustaba a lo indicado en el proyecto	Ns/Nc	Otro:	
Normativas o guías utilizadas				
Apartados de los documentos:	Normativa Española	Normativa internacional	Guías técnicas del producto	Fichas técnicas del producto
Datos referidos al producto	Si	No	Si	Si
Controles del producto	Si	No	Si	Si
Soluciones técnicas basadas en la normativa	Si	No	Si	Si
Soluciones alternativas a la normativa	Si	No	Si	Si
Prestaciones finales del producto	Si	No	Si	Si
Datos básicos para el cumplimiento del CTE				
CTE - HS	Zona pluviométrica de promedios CTE	Zona eólica	Grado de Impermeabilidad	Tipo de terreno
	II	C	4	III
CTE - HE	Zona climática			
	C3			
Datos de la fabricación del BT y transporte				
Localización fabricación BT	Guadix (Granada)			
Diferencias entre el proyecto y la puesta en obra				
Descripción de la modificación:				
Razón de la modificación:				
Observaciones:				
<p>Vivienda unifamiliar situada en zona sísmica y terreno no estable. Cimentación de zapata corrida y aislada arriostrada de hormigón armado. Solera de hormigón armado sobre lámina de nódulos de polietileno y hormigón de cal, capa de 6 cm de tierra y cáñamo y baldosa de barro cocida tomada con mortero de cal. Cerramiento y muros de carga de bloques de tierra y cáñamo tomados con mortero de cal hidráulica sobre lámina de EPDM para evitar la ascensión capilar del agua. Estructura de cubierta inclinada formada por vigas laminadas de madera apoyadas sobre zunchos de hormigón armado y cubrición de tejas cerámicas (Información procedente de la página web de la arquitecta).</p>				

Imágenes. Petra Lebens-Zirbel.




Aragón - ZAR-001 - Vivienda unifamiliar adosada				
Tipo de BT	Adobe			
Dirección	c/ Marte			
Ciudad/Provincia	Zaragoza			
País	España			
Datos básicos de la edificación				
Años de Construcción	2010	Observaciones		
Ocupación	Público	Privado	Sin uso	Con uso
Tipología arquitectónica	Defensiva	Religiosa	Residencial	Otros
Datos del entorno y parcela				
Altura localidad	Altura Nivel Freático	Vegetación	Acerado	Servidumbres de paso
-	-	No	Si	Se desconocen
Agentes de la edificación				
Fabricante	Nombre	Pedro Bel Anzue (Eucare SL)		
Proyectista	Nombre y Apellidos	Pedro Bel Anzue (Eucare SL)		
	Profesión	Arquitecto		
Dirección de Obra	Nombre y Apellidos	Pedro Bel Anzue (Eucare SL)		
	Profesión	Arquitecto		
Constructora	Nombre	-		
	Dirección Empresa	-		
Promotor	Nombre y Apellidos	Propietarios		
Control de la obra	Nombre	-		
Uso del BT en el modelo				
Tipo	Cerramiento	Estructura	Partición interior	Otro
Coste del BT				
FASE PROYECTO				
Razón Uso BT	Sugerencia del cliente	Cualidades	Disponibilidad	Valores ambientales
Ventaja empleo BT	Mejora térmica	Reducción de costes	Reducción de residuos	Ns/Nc
Observaciones				
FASE OBRA				
Inconvenientes del empleo	Incremento de costes	Pérdida de calidad final	Disminución de la salubridad	Dificultad de puesta en obra
Observaciones				
FASE FINAL	Nivel de satisfacción por cada agente de la edificación (D=Deficiente; A= Aceptable; O=Óptimo; NS= No sabe o no contesta)			
Agentes	Cliente	Proyectista	Dirección facultativa	Constructora
Definición del BT en proyecto	D A O NS	D A O NS	D A O NS	D A O NS
Cumplimiento del BT con respecto a la normativa	D A O NS	D A O NS	D A O NS	D A O NS
Colocación del BT en obra	D A O NS	D A O NS	D A O NS	D A O NS

Expectativas del BT en el futuro	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS
Observaciones	No se ha podido establecer comunicación con el cliente.															
Documentación que define el BT utilizado																
Documentación que tiene el BT según fabricante:	Certificado de conformidad	Prestaciones finales				Soluciones técnicas basadas en la normativa				Soluciones alternativas a la normativa						
	Marcado CE del producto	Documentación del proceso de los suministros				Distintivos de calidad				Controles de los ensayos certificados						
	Controles de calidad: Ensayos.	Otro:				Otro:				Otro:						
Aspectos documentales de proyecto y puesta en obra																
Redacción de proyecto básico y de ejecución	Si	No	Observaciones:													
Modificación en obra de aspectos del proyecto:	Falta de definición	Incorrecta definición de las soluciones constructivas				Mejora de las soluciones constructivas				Cuestiones económicas						
	BT no se ajustaba a lo indicado en el proyecto	Ns/Nc				Otro:										
Normativas o guías utilizadas																
Apartados de los documentos:	Normativa Española				Normativa internacional				Guías técnicas del producto				Fichas técnicas del producto			
Datos referidos al producto	-				-				-				-			
Controles del producto	-				-				-				-			
Soluciones técnicas basadas en la normativa	-				-				-				-			
Soluciones alternativas a la normativa	-				-				-				-			
Prestaciones finales del producto	-e				-				-				-			
Datos básicos para el cumplimiento del CTE																
CTE - HS	Zona pluviométrica de promedios CTE				Zona eólica				Grado de Impermeabilidad				Tipo de terreno			
	IV				B				2				IV			
CTE - HE	Zona climática															
	C3															
Datos de la fabricación del BT y transporte																
Localización fabricación BT	In situ															
Diferencias entre el proyecto y la puesta en obra																
Descripción de la modificación:																
Razón de la modificación:																
Observaciones:																
Vivienda unifamiliar adosada de dos plantas de configuración espacial regular. Cerramientos de adobe aparejados tomados con mortero de cal. Forjado intermedio de madera y cubierta plana y bóveda de cañón.																

Imágenes. Pedro Bel Anzue (arquitecto del proyecto).




Aragón – ZAR-002 – Vivienda unifamiliar aislada																
Tipo de BT	Bloques de tierra con cáñamo.															
Dirección	-															
Ciudad/Provincia	Zaragoza															
País	España															
																
Datos básicos de la edificación																
Años de Construcción	2010	Observaciones														
Ocupación	Público	Privado	Sin uso	Con uso												
Tipología arquitectónica	Defensiva	Religiosa	Residencial	Otros												
Datos del entorno y parcela																
Altura localidad	Altura Nivel Freático	Vegetación	Acerado	Servidumbres de paso												
1	Se desconoce	Sí	No	Se desconocen												
Agentes de la edificación																
Fabricante	Nombre	Cannabric														
Proyectista	Nombre y Apellidos	Petra Jebens-Zirkel														
	Profesión	Arquitecta														
Dirección de Obra	Nombre y Apellidos	-														
	Profesión	-														
Constructora	Nombre	-														
	Dirección Empresa	-														
Promotor	Nombre y Apellidos	Propietarios														
Control de la obra	Nombre	-														
Tipo	Cerramiento (Interior)	Estructura	Partición interior	Otro												
Coste del BT	http://www.cannabric.com/media/documentos/b8305_tarifa_parcial_01_bloques_y_piezas.pdf															
FASE PROYECTO																
Razón Uso BTC	Sugerencia del cliente	Cualidades	Disponibilidad	Valores ambientales												
Ventaja empleo BTC	Mejora térmica	Reducción de costes	Reducción de residuos	Ns/Nc												
Observaciones																
FASE OBRA																
Inconvenientes del empleo	Incremento de costes	Pérdida de calidad final	Disminución de la salubridad	Dificultad de puesta en obra												
Observaciones																
FASE FINAL																
Nivel de satisfacción por cada agente de la edificación (D=Deficiente; A= Aceptable; O=Óptimo; NS= No sabe o no contesta)																
Agentes	Cliente				Proyectista				Dirección facultativa				Constructora			
Definición del BT en proyecto	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS
Cumplimiento del BT con respecto a la normativa	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS
Colocación del BT en obra	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS
Expectativas del BT en el futuro	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS
Observaciones																
No se ha establecido comunicación con la constructora ni con el cliente de este caso de estudio.																

Documentación que define el BT utilizado				
Documentación que tiene el BT según fabricante:	Certificado de conformidad	Prestaciones finales	Soluciones técnicas basadas en la normativa	Soluciones alternativas a la normativa
	Marcado CE del producto	Documentación del proceso de los suministros	Distintivos de calidad	Controles de los ensayos certificados
	Controles de calidad: Ensayos.	Otro:	Otro:	Otro:
Aspectos documentales de proyecto y puesta en obra				
Redacción de proyecto básico y de ejecución	Si	No	Observaciones:	
Modificación en obra de aspectos del proyecto:	Falta de definición	Incorrecta definición de las soluciones constructivas	Mejora de las soluciones constructivas	Cuestiones económicas
	BT no se ajustaba a lo indicado en el proyecto	Ns/Nc	Otro:	
Normativas o guías utilizadas				
Apartados de los documentos:	Normativa Española	Normativa internacional	Guías técnicas del producto	Fichas técnicas del producto
Datos referidos al producto	Si	No	Si	Si
Controles del producto	Si	No	Si	Si
Soluciones técnicas basadas en la normativa	Si	No	Si	Si
Soluciones alternativas a la normativa	Si	No	Si	Si
Prestaciones finales del producto	Si	No	Si	Si
Datos básicos para el cumplimiento del CTE				
CTE - HS	Zona pluviométrica de promedios CTE	Zona eólica	Grado de Impermeabilidad	Tipo de terreno
	IV	B	2	IV
CTE - HE	Zona climática			
	C3			
Datos de la fabricación del BT y transporte				
Localización fabricación BT	Guadix (Granada)			
Diferencias entre el proyecto y la puesta en obra				
Descripción de la modificación:				
Razón de la modificación:				
Observaciones:				
<p>Vivienda unifamiliar aislada con una configuración espacial en curva para el aprovechamiento bioclimático más favorable. Edificio de una sola planta que se orienta al sur para lograr el máximo aprovechamiento solar. Cimentación de zapata corrida sobre la que se apoyan los muros de carga compuestos por bloques de tierra y cáñamo tomados con morteros de cal. Se coloca una lámina impermeabilizante para evitar la ascensión capilar del agua. Solera de hormigón armado. Cubierta plana con una leve inclinación de rollizos de madera apoyados sobre viga de hormigón armado con lámina impermeabilizante y acabado de grava. Huecos con alfézar de pieza cerámica y dinteles de madera (Información tomada de la página web de la arquitecta).</p>				

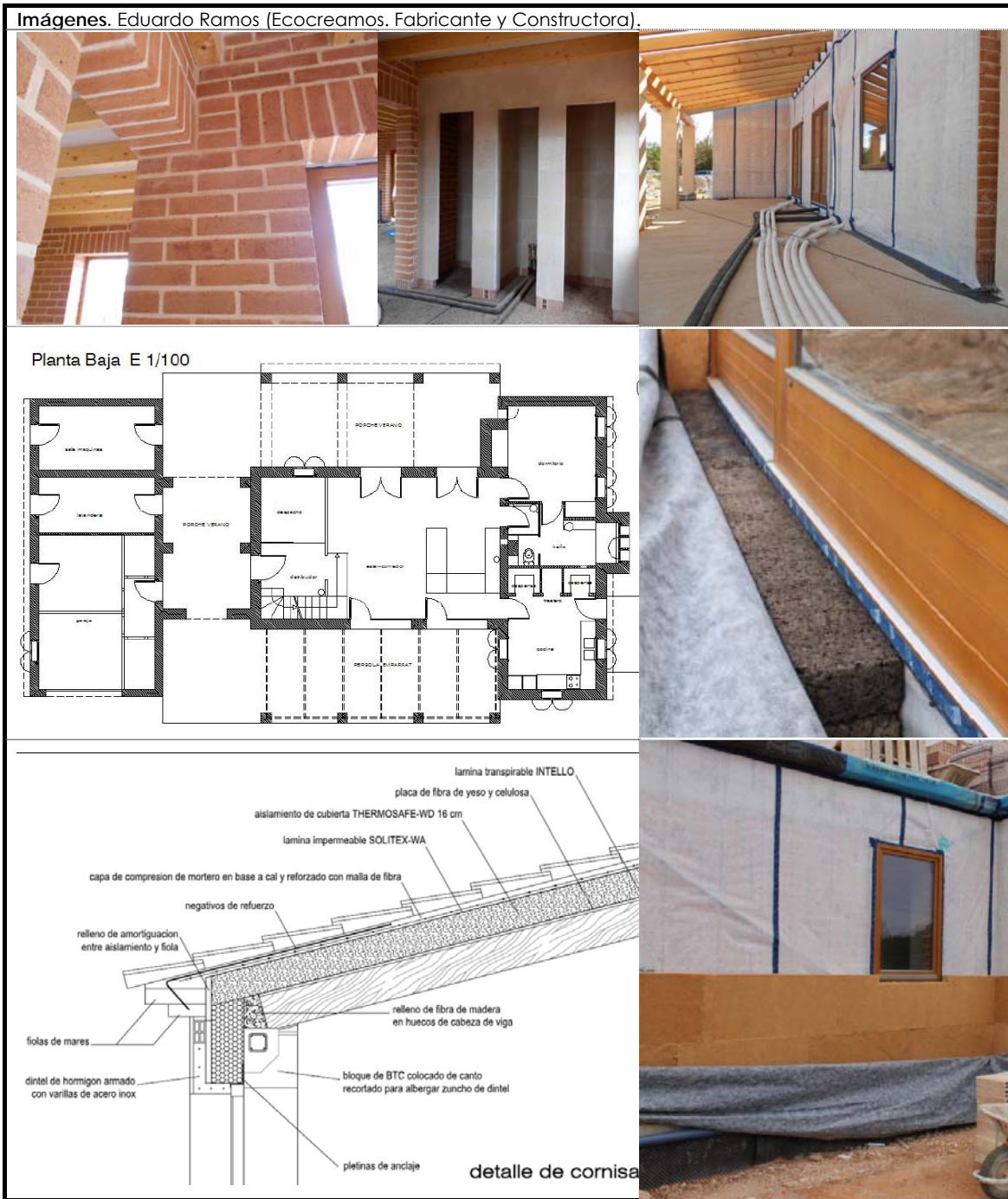
Imágenes. Petra Jebens-Zirbel




Baleares – BAL-001 – Vivienda unifamiliar aislada																
Tipo de BT	BTC															
Dirección	-															
Ciudad/Provincia	Llucmajor															
País	España															
																
					Datos básicos de la edificación											
					Años de Construcción	2010	Observaciones	Esta vivienda está certificada por Passivhaus.								
					Ocupación	Público	Privado	Sin uso	Con uso							
Tipología arquitectónica	Defensiva	Religiosa	Residencial	Otros												
Datos del entorno y parcela																
Altura localidad	Altura Nivel Freático	Vegetación	Acerado	Servidumbres de paso												
-	Se desconocen	Poca	Si	Se desconocen												
Agentes de la edificación																
Fabricante	Nombre	Ecocreamos														
Proyectista	Nombre y Apellidos	Neus Asensi														
	Profesión	Arquitecta														
Dirección de Obra	Nombre y Apellidos	Juan Brunet														
	Profesión	-														
Constructora	Nombre	Ecocreamos														
	Dirección Empresa	Carrer Gremi de Tintorers, 18, 07009 Palma, Illes Balears														
Promotor	Nombre y Apellidos	-														
Control de la obra	Nombre	-														
Uso del BT en el modelo																
Tipo	Cerramiento (Interior)	Estructura	Partición interior	Otro												
Coste del BT	www.ecocreamos.com															
FASE PROYECTO																
Razón Uso BTC	Sugerencia del cliente	Cualidades	Disponibilidad	Valores ambientales												
Ventaja empleo BTC	Mejora térmica	Reducción de costes	Reducción de residuos	Ns/Nc												
Observaciones																
FASE OBRA																
Inconvenientes del empleo	Incremento de costes	Pérdida de calidad final	Disminución de la salubridad	Dificultad de puesta en obra												
Observaciones																
FASE FINAL																
Nivel de satisfacción por cada agente de la edificación (D=Deficiente; A= Aceptable; O=Óptimo; NS= No sabe o no contesta)																
Agentes	Cliente				Proyectista				Dirección facultativa				Constructora			
Definición del BT en proyecto	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS
Cumplimiento del BT con respecto a la normativa	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS
Colocación del BT en obra	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS
Expectativas del BT en el futuro	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS
Observaciones	No se ha establecido comunicación con el cliente.															

Documentación que define el BT utilizado				
Documentación que tiene el BT según fabricante:	Certificado de conformidad	Prestaciones finales	Soluciones técnicas basadas en la normativa	Soluciones alternativas a la normativa
	Marcado CE del producto	Documentación del proceso de los suministros	Distintivos de calidad	Controles de los ensayos certificados
	Controles de calidad: Ensayos.	Otro:	Otro:	Otro:
Aspectos documentales de proyecto y puesta en obra				
Redacción de proyecto básico y de ejecución	Si	No	Observaciones:	
Modificación en obra de aspectos del proyecto:	Falta de definición	Incorrecta definición de las soluciones constructivas	Mejora de las soluciones constructivas	Cuestiones económicas
	BT no se ajustaba a lo indicado en el proyecto	Ns/Nc	Otro:	
Normativas o guías utilizadas				
Apartados de los documentos:	Normativa Española	Normativa internacional	Guías técnicas del producto	Fichas técnicas del producto
Datos referidos al producto	Si	-	-	-
Controles del producto	Si	-	-	-
Soluciones técnicas basadas en la normativa	Si	-	-	-
Soluciones alternativas a la normativa	-	-	-	-
Prestaciones finales del producto	-	-	-	-
Datos básicos para el cumplimiento del CTE				
CTE - HS	Zona pluviométrica de promedios CTE	Zona eólica	Grado de Impermeabilidad	Tipo de terreno
	III	C	3	IV
CTE - HE	Zona climática			
	B3			
Datos de la fabricación del BT y transporte				
Localización fabricación BT	Lluctmajor – In situ			
Diferencias entre el proyecto y la puesta en obra				
Descripción de la modificación:				
Razón de la modificación:				
Observaciones:				
<p>Vivienda unifamiliar aislada con configuración espacial ortogonal de 2 plantas de altura. Cimentación de hormigón armado y solera de hormigón armado con malla de acero, placas de corcho negro natural y base de grava por donde circulan las instalaciones. Cerramiento de BTC sobre base de termoarcilla, paneles aislantes de fibra de madera, rastreles de madera para la cámara de aire, lámina impermeabilizante-transpirable, tabique de ladrillo de 7 cm y enlucido de mortero de cal. Forjado intermedio de vigas de madera laminada. Cubierta inclinada de vigas de madera, panel de yeso-celulosa, lámina proclima (marca comercial), panel aislante, lámina impermeabilizante-transpirable, capa de hormigón y teja cerámica. Carpintería de madera. Especial detalle a la unión de la ventana al muro de BTC y el sellado interior que se realiza con masilla y el exterior se forra con lámina hermética que se pega al marco de la ventana. Las instalaciones circulan entre la hoja interior y la lámina posterior, se atraviesa la hoja interior en casos de punto de entrada o salida de los tubos (Información de la página web de ECOCREAMOS).</p>				

Imágenes. Eduardo Ramos (Ecocreamos. Fabricante y Constructor).




Castilla y León – PAL-001 – Viviendas unifamiliares aisladas				
Tipo de BT	BTC y adobe.			
Dirección	DS DISEMINADOS AMAY 10 SAN CEBRIAN DE CAMPOS (PALENCIA)			
Ciudad/Provincia	Amayuelas de Abajo/San Cebrián de Campos, Palencia			
País	España			
				
Datos básicos de la edificación				
Años de Construcción	2001	Observaciones		
Ocupación	Público	Privado	Sin uso	Con uso
Tipología arquitectónica	Defensiva	Religiosa	Residencial	Otros
Datos del entorno y parcela				
Altura localidad	Altura Nivel Freático	Vegetación	Acerado	Servidumbres de paso
1	Se desconocen	Poca	Si	Se desconocen
Agentes de la edificación				
Fabricante	Nombre	Adobera del Norte		
Proyectista	Nombre y Apellidos	María Jesús González Silva – Jorge Silva – Francisco Valbuena		
	Profesión	Arquitecta		
Dirección de Obra	Nombre y Apellidos	María Jesús González Silva – Jorge Silva – Francisco Valbuena		
	Profesión	Arquitecta		
Constructora	Nombre	Adobera del Norte		
	Dirección Empresa	Amayuelas de Arriba, Palencia		
Promotor	Nombre y Apellidos	Entramado asociación		
Control de la obra o producto	Nombre	Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valladolid		
Uso del BT en el modelo				
Tipo	Cerramiento	Estructura	Partición interior	Otro
Coste del BT	http://www.adoberadelnorte.com/productos.htm			
FASE PROYECTO				
Razón Uso BT	Sugerencia del cliente	Cualidades	Disponibilidad	Valores ambientales
Ventaja empleo BT	Mejora térmica	Reducción de costes	Reducción de residuos	Ns/Nc
Observaciones				
FASE OBRA				
Inconvenientes del empleo	Incremento de costes	Pérdida de calidad final	Disminución de la salubridad	Dificultad de puesta en obra
Observaciones				
FASE FINAL				
Nivel de satisfacción por cada agente de la edificación (D=Deficiente; A= Aceptable; O=Óptimo; NS= No sabe o no contesta)				
Agentes	Cliente	Proyectista	Dirección facultativa	Constructora
Definición del BT en proyecto	D A O NS	D A O NS	D A O NS	D A O NS
Cumplimiento del BT con respecto a la normativa	D A O NS	D A O NS	D A O NS	D A O NS
Colocación del BT en	D A O NS	D A O NS	D A O NS	D A O NS

obra																				
Expectativas del BT en el futuro	D	A	<input checked="" type="radio"/>	NS	D	A	<input checked="" type="radio"/>	NS	D	A	<input checked="" type="radio"/>	NS	D	A	<input checked="" type="radio"/>	NS	D	A	<input checked="" type="radio"/>	NS
Observaciones	En este caso coinciden constructora, fabricante y usuario de la vivienda.																			
Documentación que define el BT utilizado																				
Documentación que tiene el BT según fabricante:	Certificado de conformidad				Prestaciones finales				Soluciones técnicas basadas en la normativa				Soluciones alternativas a la normativa							
	Marcado CE del producto				Documentación del proceso de los suministros				Distintivos de calidad				Controles de los ensayos certificados							
	Controles de calidad: Ensayos.				Otro:				Otro:				Otro:							
Aspectos documentales de proyecto y puesta en obra																				
Redacción de proyecto básico y de ejecución	<input checked="" type="checkbox"/> Sí			<input type="checkbox"/> No			Observaciones:													
Modificación en obra de aspectos del proyecto:	Falta de definición				Incorrecta definición de las soluciones constructivas				Mejora de las soluciones constructivas				Cuestiones económicas							
	BT no se ajustaba a lo indicado en el proyecto				Ns/Nc				Otro:											
Normativas o guías utilizadas																				
Apartados de los documentos:	Normativa Española				Normativa internacional				Guías técnicas del producto				Fichas técnicas del producto							
Datos referidos al producto	Si				-				-				Si							
Controles del producto	Si				-				-				Si							
Soluciones técnicas basadas en la normativa	Si				-				-				-							
Soluciones alternativas a la normativa	-				-				-				-							
Prestaciones finales del producto	-				-				-				-							
Datos básicos para el cumplimiento del CTE																				
CTE - HS	Zona pluviométrica de promedios CTE				Zona eólica				Grado de Impermeabilidad				Tipo de terreno							
	III				B				3				III							
CTE - HE	Zona climática																			
	D1																			
Datos de la fabricación del BT y transporte																				
Localización fabricación BT	Amayuelas de abajo																			
Diferencias entre el proyecto y la puesta en obra																				
Descripción de la modificación:																				
Razón de la modificación:																				
Observaciones:																				
Construcción de 10 viviendas con configuración espacial cuadrangular con 2 plantas de alturas. Zunchos de hormigón armado y dos hiladas de ladrillo en ambas caras del muro. Sobre el zócalo se mampostería se colocó una lámina impermeabilizante. La cara oeste es la más castigada por el viento y lluvia (el hostigo) por lo que se empleó ladrillo a cara vista al exterior y adobe al interior, el resto de cerramientos en planta baja están realizados con tapia. En planta alta se utilizó adobe y BTC, además del hostigo. Se realiza un zunchado de vigas de madera que trabajan solidariamente con las viguetas del forjado con uniones en cola de milano y también se utiliza un atirantado con vigas de madera en los hastiales que sirven de cargadero para las ventanas. Revestimiento de mortero de cal. Cubierta inclinada de vigas de madera apoyadas en vigas de madera y protegida con lámina impermeabilizante, terminación de teja cerámica. Carpinterías de madera (González et al., 2003).																				

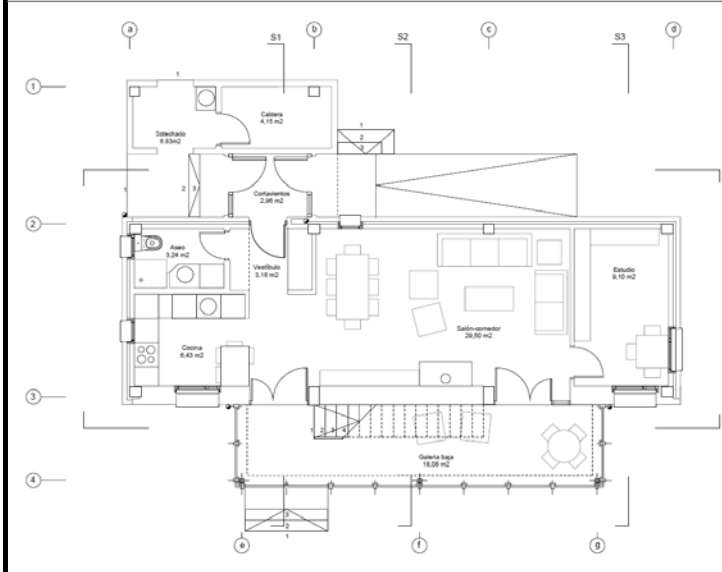
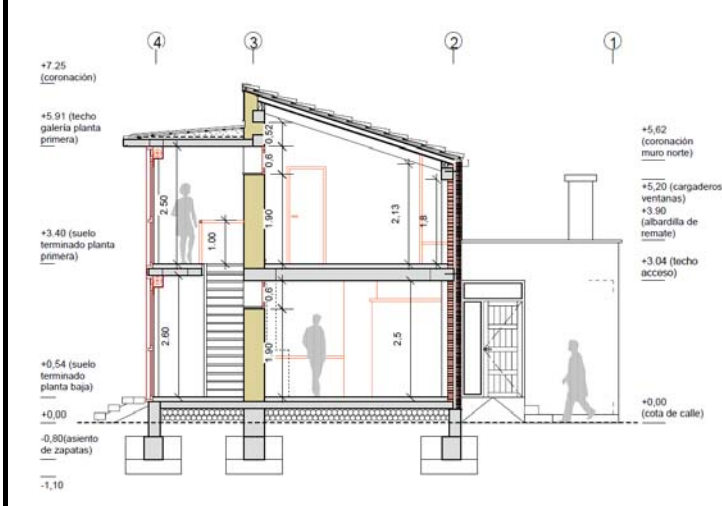
Imágenes. (González et al., 2003) y autor.




Castilla y León – PAL-002 – Vivienda unifamiliar aislada																
Tipo de BT	BTC															
Dirección	-															
Ciudad/Provincia	Renedo de la Vega															
País	España															
																
Datos básicos de la edificación																
Años de Construcción	2010	Observaciones														
Ocupación	Público	Privado	Sin uso	Con uso												
Tipología arquitectónica	Defensiva	Religiosa	Residencial	Otros												
Datos del entorno y parcela																
Altura localidad	Altura Nivel Freático	Vegetación	Acerado	Servidumbres de paso												
1	-	Poca	Si	Se desconocen												
Agentes de la edificación																
Fabricante	Nombre	Adobera del Norte														
Proyectista	Nombre y Apellidos	Ignacio Vela Ciudad														
	Profesión	Arquitecto														
Dirección de Obra	Nombre y Apellidos	Ignacio Vela Ciudad														
	Profesión	Arquitecto														
Constructora	Nombre	Adobera del Norte														
	Dirección Empresa	Amayuelas de Arriba, Palencia														
Promotor	Nombre y Apellidos	-														
Control de la obra	Nombre	-														
Uso del BT en el modelo																
Tipo	Cerramiento	Estructura	Partición interior	Otro												
Coste del BT	http://www.adoberadelnorte.com/productos.htm															
FASE PROYECTO																
Razón Uso BT	Sugerencia del cliente	Cualidades	Disponibilidad	Valores ambientales												
Ventaja empleo BT	Mejora térmica	Reducción de costes	Reducción de residuos	Ns/Nc												
Observaciones																
FASE OBRA																
Inconvenientes del empleo	Incremento de costes	Pérdida de calidad final	Disminución de la salubridad	Dificultad de puesta en obra												
Observaciones																
FASE FINAL																
Nivel de satisfacción por cada agente de la edificación (D=Deficiente; A= Aceptable; O=Óptimo; NS= No sabe o no contesta)																
Agentes	Cliente				Proyectista				Dirección facultativa				Constructora			
Definición del BT en proyecto	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS
Cumplimiento del BT con respecto a la normativa	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS
Colocación del BT en obra	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS
Expectativas del BT en el futuro	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS
Observaciones																

Documentación que define el BT utilizado				
Documentación que tiene el BT según fabricante:	Certificado de conformidad	Prestaciones finales	Soluciones técnicas basadas en la normativa	Soluciones alternativas a la normativa
	Marcado CE del producto	Documentación del proceso de los suministros	Distintivos de calidad	Controles de los ensayos certificados
	Controles de calidad: Ensayos.	Otro:	Otro:	Otro:
Aspectos documentales de proyecto y puesta en obra				
Redacción de proyecto básico y ejec.	Si	No	Observaciones:	
Modificación en obra de aspectos del proyecto:	Falta de definición	Incorrecta definición de las soluciones constructivas	Mejora de las soluciones constructivas	Cuestiones económicas
	BT no se ajustaba a lo indicado en el proyecto	Ns/Nc	Otro:	
Normativas o guías utilizadas				
Apartados de los documentos:	Normativa Española	Normativa internacional	Guías técnicas del producto	Fichas técnicas del producto
Datos referidos al producto	Si	-	-	Si
Controles del producto	Si	-	-	Si
Soluciones técnicas basadas en la normativa	Si	-	-	-
Soluciones alternativas a la normativa	-	-	-	-
Prestaciones finales del producto	-	-	-	-
Datos básicos para el cumplimiento del CTE				
CTE - HS	Zona pluviométrica de promedios CTE	Zona eólica	Grado de Impermeabilidad	Tipo de terreno
	III	C	3	IV
CTE - HE	Zona climática B3			
Datos de la fabricación del BT y transporte				
Localización fabricación BT	Amayuelas de abajo			
Diferencias entre el proyecto y la puesta en obra				
Descripción de la modificación:				
Razón de la modificación:				
Observaciones:				
<p>Vivienda unifamiliar aislada de 2 plantas de altura. La cimentación es de zapatas aisladas y vigas de atado de hormigón armado sobre hormigón de limpieza. Solera de hormigón de 15 cms, armada sobre un encachado de grava. El volumen principal y el pabellón de acceso e instalaciones se ejecutarán con estructura de hormigón armado en pilares y vigas, siendo el acabado de hormigón visto en varios de estos elementos, que se encofrarán en madera. Forjado de techo de planta baja con semiviguetas de hormigón armado bovedilla cerámica y capa de compresión de hormigón armado. El espacio "galería-invernadero" se ejecutará con pilares metálicos formados por perfiles de acero laminado y losas armadas de hormigón. La cubierta del volumen principal tiene estructura de madera sobre vigas de atado de hormigón armado. Las viguetas de la cubierta (cabios) quedan vistas hacia el interior y serán de madera. Los cerramientos de la fachada norte son cerramientos de gran inercia térmica hacia el interior y cámara con aislamiento. Se componen de hoja interior de ladrillo cara vista en planta baja y ladrillo perforado en planta alta, aislamiento de planchas de corcho expandido de 4 cms de espesor en cámara, y hoja exterior de ladrillo hueco doble atado a la hoja interior y al canto de los forjados. La fachada oeste del volumen principal con hoja interior de ladrillo perforado, cámara con aislamiento de corcho expandido de 4 cms. y hoja exterior de ½ pie de ladrillo cara vista. La fachada sur es una fachada de gran inercia térmica que actúa como acumulador de calor. Se construye de una hoja de pie y medio de fábrica de bloque de tierra compactada (BTC) de formato 12x15x30 cms. Acabados exteriores de mortero de monocapa hidrófugo de cal natural y en el interior algunas zonas con yeso y otras sin acabado. Carpintería de madera. En cubierta utilización de canalones de zinc (Información obtenida del proyecto de ejecución).</p>				

Imágenes. Autor y proyecto de ejecución.




Castilla y León – PAL-003 – Vivienda unifamiliar aislada																								
Tipo de BT	BTC																							
Dirección	-																							
Ciudad/Provincia	Renedo de la Vega																							
País	España																							
																								
Datos básicos de la edificación																								
Años de Construcción	2013	Observaciones																						
Ocupación	<input type="checkbox"/> Público	<input type="checkbox"/> Privado	<input type="checkbox"/> Sin uso	<input type="checkbox"/> Con uso																				
Tipología arquitectónica	<input type="checkbox"/> Defensiva	<input type="checkbox"/> Religiosa	<input type="checkbox"/> Residencial	<input type="checkbox"/> Otros																				
Datos del entorno y parcela																								
Altura localidad	Altura Nivel Freático	Vegetación	Acerado	Servidumbres de paso																				
1	Se desconoce	No	Si	Se desconocen																				
Agentes de la edificación																								
Fabricante	Nombre	Adobera del Norte																						
Proyectista	Nombre y Apellidos	Felipe Peñalva y Jesús M. Ortega																						
	Profesión	Arquitecto																						
Dirección de Obra	Nombre y Apellidos	Felipe Peñalva y Jesús M. Ortega																						
	Profesión	Arquitecto																						
Constructora	Nombre	Adobera del Norte																						
	Dirección Empresa	Amayuelas de Arriba, Palencia																						
Promotor	Nombre y Apellidos	Propietarios																						
Control de la obra	Nombre	-																						
Uso del BT en el modelo																								
Tipo	<input type="checkbox"/> Cerramiento	<input type="checkbox"/> Estructura	<input type="checkbox"/> Partición interior	<input type="checkbox"/> Otro																				
Coste del BT	http://www.adoberadelnorte.com/productos.htm																							
FASE PROYECTO																								
Razón Uso BT	<input type="checkbox"/> Sugerencia del cliente	<input type="checkbox"/> Cualidades	<input type="checkbox"/> Disponibilidad	<input type="checkbox"/> Valores ambientales																				
Ventaja empleo BT	<input type="checkbox"/> Mejora térmica	<input type="checkbox"/> Reducción de costes	<input type="checkbox"/> Reducción de residuos	<input type="checkbox"/> Ns/Nc																				
Observaciones																								
FASE OBRA																								
Inconvenientes del empleo	<input type="checkbox"/> Incremento de costes	<input type="checkbox"/> Pérdida de calidad final	<input type="checkbox"/> Disminución de la salubridad	<input type="checkbox"/> Dificultad de puesta en obra																				
Observaciones																								
FASE FINAL																								
Nivel de satisfacción por cada agente de la edificación (D=Deficiente; A= Aceptable; O=Óptimo; NS= No sabe o no contesta)																								
Agentes	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Cliente</th> <th>Proyectista</th> <th>Dirección facultativa</th> <th>Constructora</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D A <input type="radio"/> NS</td> <td>D A <input type="radio"/> NS</td> <td>D A <input type="radio"/> NS</td> <td>D A <input type="radio"/> NS</td> </tr> <tr> <td>D A <input type="radio"/> NS</td> <td>D A <input type="radio"/> NS</td> <td>D A <input type="radio"/> NS</td> <td>D A <input type="radio"/> NS</td> </tr> <tr> <td>D A <input type="radio"/> NS</td> <td>D A <input type="radio"/> NS</td> <td>D A <input type="radio"/> NS</td> <td>D A <input type="radio"/> NS</td> </tr> <tr> <td>D A <input type="radio"/> NS</td> <td>D A <input type="radio"/> NS</td> <td>D A <input type="radio"/> NS</td> <td>D A <input type="radio"/> NS</td> </tr> </tbody> </table>				Cliente	Proyectista	Dirección facultativa	Constructora	D A <input type="radio"/> NS	D A <input type="radio"/> NS	D A <input type="radio"/> NS	D A <input type="radio"/> NS	D A <input type="radio"/> NS	D A <input type="radio"/> NS	D A <input type="radio"/> NS	D A <input type="radio"/> NS	D A <input type="radio"/> NS	D A <input type="radio"/> NS	D A <input type="radio"/> NS	D A <input type="radio"/> NS	D A <input type="radio"/> NS	D A <input type="radio"/> NS	D A <input type="radio"/> NS	D A <input type="radio"/> NS
Cliente	Proyectista	Dirección facultativa	Constructora																					
D A <input type="radio"/> NS	D A <input type="radio"/> NS	D A <input type="radio"/> NS	D A <input type="radio"/> NS																					
D A <input type="radio"/> NS	D A <input type="radio"/> NS	D A <input type="radio"/> NS	D A <input type="radio"/> NS																					
D A <input type="radio"/> NS	D A <input type="radio"/> NS	D A <input type="radio"/> NS	D A <input type="radio"/> NS																					
D A <input type="radio"/> NS	D A <input type="radio"/> NS	D A <input type="radio"/> NS	D A <input type="radio"/> NS																					
Definición del BT en proyecto	D A <input type="radio"/> NS	D A <input type="radio"/> NS	D A <input type="radio"/> NS	D A <input type="radio"/> NS																				
Cumplimiento del BT con respecto a la normativa	D A <input type="radio"/> NS	D A <input type="radio"/> NS	D A <input type="radio"/> NS	D A <input type="radio"/> NS																				
Colocación del BT en obra	D A <input type="radio"/> NS	D A <input type="radio"/> NS	D A <input type="radio"/> NS	D A <input type="radio"/> NS																				
Expectativas del BT en el futuro	D A <input type="radio"/> NS	D A <input type="radio"/> NS	D A <input type="radio"/> NS	D A <input type="radio"/> NS																				
Observaciones																								

Documentación que define el BT utilizado				
Documentación que tiene el BT según fabricante:	Certificado de conformidad	Prestaciones finales	Soluciones técnicas basadas en la normativa	Soluciones alternativas a la normativa
	Marcado CE del producto	Documentación del proceso de los suministros	Distintivos de calidad	Controles de los ensayos certificados
	Controles de calidad: Ensayos.	Otro:	Otro:	Otro:
Aspectos documentales de proyecto y puesta en obra				
Redacción de proyecto básico y de ejecución	Si	No	Observaciones:	
Modificación en obra de aspectos del proyecto:	Falta de definición	Incorrecta definición de las soluciones constructivas	Mejora de las soluciones constructivas	Cuestiones económicas
	BT no se ajustaba a lo indicado en el proyecto	Ns/Nc	Otro:	
Normativas o guías utilizadas				
Apartados de los documentos:	Normativa Española	Normativa internacional	Guías técnicas del producto	Fichas técnicas del producto
Datos referidos al producto	Si	-	-	Si
Controles del producto	Si	-	-	Si
Soluciones técnicas basadas en la normativa	Si	-	-	-
Soluciones alternativas a la normativa	-	-	-	-
Prestaciones finales del producto	-	-	-	-
Datos básicos para el cumplimiento del CTE				
CTE - HS	Zona pluviométrica de promedios CTE	Zona eólica	Grado de Impermeabilidad	Tipo de terreno
	III	C	3	IV
CTE - HE	Zona climática			
	B3			
Datos de la fabricación del BT y transporte				
Localización fabricación BT	Amayuelas de abajo			
Diferencias entre el proyecto y la puesta en obra				
Descripción de la modificación:				
Razón de la modificación:				
Observaciones:				
Vivienda unifamiliar aislada de 2 plantas de altura. Estructura de pilares y vigas de hormigón armado, sobre zapatas corridas y aisladas. Forjados de semiviguetas y cubierta inclinada de vigas de madera y panel sándwich. Los huecos tienen dinteles de madera aunque los de planta baja son de hormigón armado en algunas ocasiones. Cerramientos con cara interior de BTC, cámara de aire de 5 cms, aislamiento de corcho natural y al exterior, fábrica de ladrillo cerámico hueco doble y acabado exterior de mortero de cal. Las particiones interiores son de ladrillo hueco doble con mortero de cemento. Carpintería de madera. Instalaciones empotradas en rozas (Información del proyecto de ejecución).				

Imágenes. Autor, proyecto de ejecución y propietario.




Castilla y León – SEG-001– Vivienda unifamiliar aislada																
Tipo de BT	Bloque de tierra con cáñamo.															
Dirección	-															
Ciudad/Provincia	Sepúlveda, Segovia.															
País	España															
Datos básicos de la edificación																
Años de Construcción	2013	Observaciones														
Ocupación	Público	Privado	Sin uso	Con uso												
Tipología arquitectónica	Defensiva	Religiosa	Residencial	Otros												
Datos del entorno y parcela																
Altura localidad	Altura Nivel Freático	Vegetación	Acerado	Servidumbres de paso												
-	-	Si	No	Se desconocen												
Agentes de la edificación																
Fabricante	Nombre	Cannabric														
Proyectista	Nombre y Apellidos	Estudio I & P - Ricardo Higuera de Cárdenas														
	Profesión	Arquitecto														
Dirección de Obra	Nombre y Apellidos	Ricardo Higuera - Luis Vazquez Martín														
	Profesión	Arquitecto y Arquitecto Técnico														
Constructora	Nombre	Hermanos Ramón Vacas S.L. Albañilería, EBS.SA, estructura de madera y otros.														
	Dirección Empresa	Varios														
Promotor	Nombre y Apellidos	Propietario.														
Control de la obra	Nombre	-														
Uso del BT en el modelo																
Tipo	Cerramiento	Estructura	Partición interior	Otro												
Coste del BT	http://www.cannabric.com/media/documentos/b8305_tarifa_parcial_01_bloques_y_piezas.pdf															
FASE PROYECTO																
Razón Uso BT	Sugerencia del cliente	Cualidades	Disponibilidad	Valores ambientales												
Ventaja empleo BT	Mejora térmica	Reducción de costes	Reducción de residuos	Ns/Nc												
Observaciones																
FASE OBRA																
Inconvenientes del empleo	Incremento de costes	Pérdida de calidad final	Disminución de la salubridad	Dificultad de puesta en obra												
Observaciones																
FASE FINAL																
Nivel de satisfacción por cada agente de la edificación (D=Deficiente; A= Aceptable; O=Óptimo; NS= No sabe o no contesta)																
Agentes	Cliente				Proyectista				Dirección facultativa				Constructora			
Definición del BT en proyecto	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS
Cumplimiento del BT con respecto a la normativa	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS
Colocación del BT en obra	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS
Expectativas del BT en el futuro	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS
Observaciones	No se ha podido establecer contacto con el propietario ni con la constructora.															

Documentación que define el BT utilizado				
Documentación que tiene el BT según fabricante:	Certificado de conformidad	Prestaciones finales	Soluciones técnicas basadas en la normativa	Soluciones alternativas a la normativa
	Marcado CE del producto	Documentación del proceso de los suministros	Distintivos de calidad	Controles de los ensayos certificados
	Controles de calidad: Ensayos.	Otro:	Otro:	Otro:
Aspectos documentales de proyecto y puesta en obra				
Redacción de proyecto básico y de ejecución	Si	No	Observaciones:	
Modificación en obra de aspectos del proyecto:	Falta de definición	Incorrecta definición de las soluciones constructivas	Mejora de las soluciones constructivas	Cuestiones económicas
	BT no se ajustaba a lo indicado en el proyecto	Ns/Nc	Otro:	
Normativas o guías utilizadas				
Apartados de los documentos:	Normativa Española	Normativa internacional	Guías técnicas del producto	Fichas técnicas del producto
Datos referidos al producto	Si	No	Si	Sí, pero con aspectos que faltan por adaptar a la normativa
Controles del producto	Si	Si	-	-
Soluciones técnicas basadas en la normativa	Si	-	-	-
Soluciones alternativas a la normativa	-	-	-	-
Prestaciones finales del producto	Si	-	-	-
Datos básicos para el cumplimiento del CTE				
CTE - HS	Zona pluviométrica de promedios CTE	Zona eólica	Grado de Impermeabilidad	Tipo de terreno
	IV	A	3	III
CTE - HE	Zona climática			
Datos de la fabricación del BT y transporte				
Localización fabricación BT	Guadix (Granada)			
Diferencias entre el proyecto y la puesta en obra				
Descripción de la modificación:				
Razón de la modificación:				
Observaciones:				
<p>Vivienda unifamiliar aislada de configuración espacial circular. Cimentación de hormigón armado, apoyos verticales metálicos y vigas radiales con cubierta de madera laminada. Los cerramientos están compuestos por un acabado interior de mortero de cal NHL3,5 (fino), enfoscado con mortero de cal Hidráulica natural NHL 3,5, muro de cerramiento de medio pie (14 cm.) de bloque macizo de cáñamo Cannabric (marca comercial del fabricante), revestidos exterior con planchas de 30mm de corcho pegado con cola de contacto, y fijación mecánica en esquinas y medias planchas, sobre el corcho, mortero corcho-cal con malla de 160g de 4x5mm y mortero de terminación cal de cal NHL3,5 (fino). En zonas en contacto con el terreno se puso lámina EPDM, fijada con perfil en su parte superior y sellada, ésta lámina queda en contacto con el terreno y vista 15cm por encima del terreno (Descripción de la DF y proyecto de ejecución).</p>				

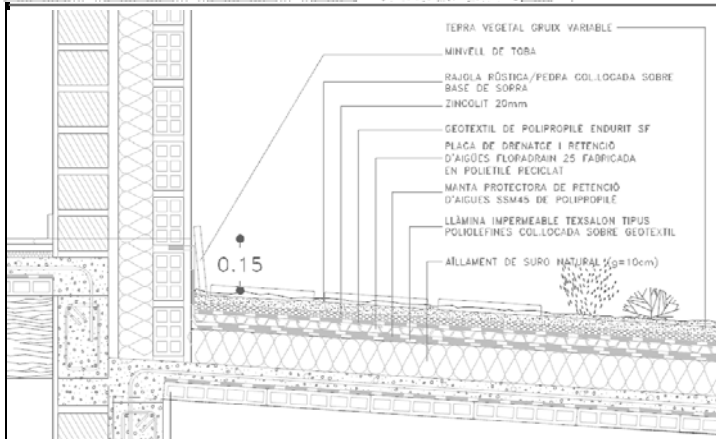
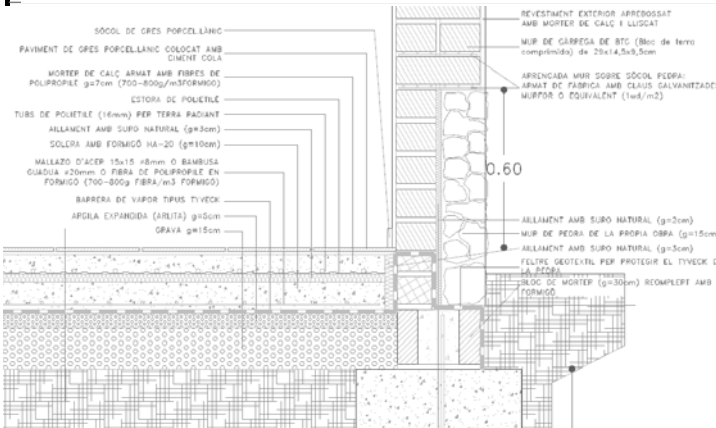
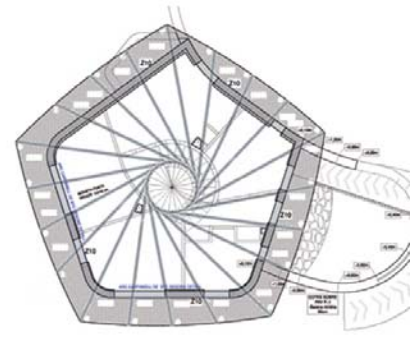
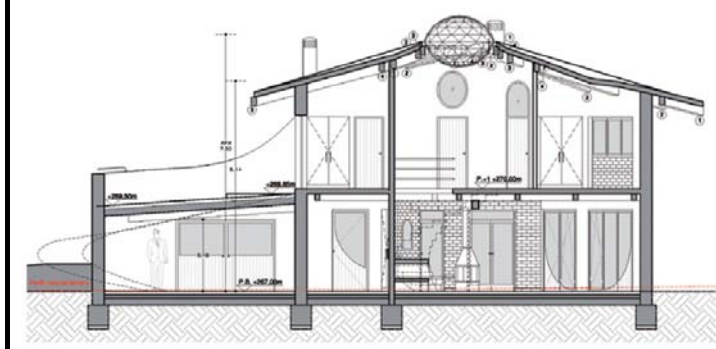
Imágenes. Imágenes de la DF y proyecto de ejecución.



Cataluña- BAR-002 - Vivienda unifamiliar aislada				
Tipo de BT	BTC			
Dirección	-			
Ciudad/Provincia	Montseny			
País	España			
Datos básicos de la edificación				
Años de Construcción	2013-15		Observaciones	
Ocupación	Público	Privado	Sin uso	Con uso
Tipología arquitectónica	Defensiva	Religiosa	Residencial	Otros
Datos del entorno y parcela				
Altura localidad	Altura Nivel Freático	Vegetación	Acerado	Servidumbres de paso
-	-	Si	No	Se desconocen
Agentes de la edificación				
Fabricante	Nombre	Bioterre		
Proyectista	Nombre y Apellidos	Gabi Barbeta y Estebe Navarrete		
	Profesión	Arquitectoa		
Dirección de Obra	Nombre y Apellidos	David Pradas, Francesc Armengol		
	Profesión	Arquitectos técnicos		
Constructora	Nombre	Xavi Puig y Albert Ventura (Bioterre)		
	Dirección Empresa	Crta.Girona, sn. 17172 les Planes d'Hostoles Girona		
Promotor	Nombre y Apellidos	Propietarios		
Control de la obra	Nombre	-		
Uso del BT en el modelo				
Tipo	Cerramiento	Estructura	Partición interior	Otro
Coste del BT	http://www.bioterre.es/			
FASE PROYECTO				
Razón Uso BT	Sugerencia del cliente	Cualidades	Disponibilidad	Valores ambientales
Ventaja empleo BT	Mejora térmica	Reducción de costes	Reducción de residuos	Ns/Nc
Observaciones				
FASE OBRA				
Inconvenientes del empleo	Incremento de costes	Pérdida de calidad final	Disminución de la salubridad	Dificultad de puesta en obra
Observaciones				
FASE FINAL				
Nivel de satisfacción por cada agente de la edificación (D=Deficiente; A= Aceptable; O=Óptimo; NS= No sabe o no contesta)				
Agentes	Cliente	Proyectista	Dirección facultativa	Constructora
Definición del BT en proyecto	D A O NS	D A O NS	D A O NS	D A O NS
Cumplimiento del BT con respecto a la normativa	D A O NS	D A O NS	D A O NS	D A O NS
Colocación del BT en obra	D A O NS	D A O NS	D A O NS	D A O NS
Expectativas del BT en el futuro	D A O NS	D A O NS	D A O NS	D A O NS
Observaciones	No se ha podido establecer contacto con el propietario ni con la constructora.			

Documentación que define el BT utilizado				
Documentación que tiene el BT según fabricante:	Certificado de conformidad	Prestaciones finales	Soluciones técnicas basadas en la normativa	Soluciones alternativas a la normativa
	Marcado CE del producto	Documentación del proceso de los suministros	Distintivos de calidad	Controles de los ensayos certificados
	Controles de calidad: Ensayos.	Otro:	Otro:	Otro:
Aspectos documentales de proyecto y puesta en obra				
Redacción de proyecto básico y de ejecución	Si	No	Observaciones:	
Modificación en obra de aspectos del proyecto:	Falta de definición	Incorrecta definición de las soluciones constructivas	Mejora de las soluciones constructivas	Cuestiones económicas
	BT no se ajustaba a lo indicado en el proyecto	Ns/Nc	Otro:	
Normativas o guías utilizadas				
Apartados de los documentos:	Normativa Española	Normativa internacional	Guías técnicas del producto	Fichas técnicas del producto
Datos referidos al producto	Si	Si	Si	Si
Controles del producto	Si	Si	Si	Si
Soluciones técnicas basadas en la normativa	Si	Si	Si	Si
Soluciones alternativas a la normativa	Si	Si	Si	Si
Prestaciones finales del producto	Si	Si	Si	Si
Datos básicos para el cumplimiento del CTE				
CTE - HS	Zona pluviométrica de promedios CTE	Zona eólica	Grado de Impermeabilidad	Tipo de terreno
	III	C	3	III
CTE - HE	Zona climática			
	D1			
Datos de la fabricación del BT y transporte				
Localización fabricación BT	Crta.Girona, sn. 17172 les Planes d'Hostoles Girona-España			
Diferencias entre el proyecto y la puesta en obra				
Descripción de la modificación:				
Razón de la modificación:				
Observaciones:				
<p>Vivienda unifamiliar aislada de configuración espacial en forma de pentágono. La composición de sus muros responden a un diseño bioclimático y eficiente de la envolvente del edificio. Se utilizaron BTC y en la base se colocó una barrera anticapilaridad ejecutada mediante membrana Tiveck (marca comercial) y completado con un zócalo de piedra reutilizada de la excavación. El revoco exterior no llega al suelo para evitar lesiones a largo plazo. Los muros de fachada orientados a sur son de 30 cm macizos de BTC dispuesto en dos hojas separadas y los que están orientados al norte se ejecutaron con aislamiento y hoja interior de 15 cm, cámara de aire de 3 cm, aislamiento de 10 cm de fibra de madera y hoja exterior de BTC puesto de canto, todo unido con conectores de acero galvanizado. Los BTC se tomaron con mortero de cal aérea y cemento portland en relación 1-1-7 con juntas de 1,5 cm. La carpintería es de madera y se colocaron a mitad del muro para introducir el premarco por la cara exterior. La estructura y cubierta son de vigas de madera. Los revestimientos están realizados con cal aérea (Información de la revista Ecohabitar y del proyecto de ejecución).</p>				

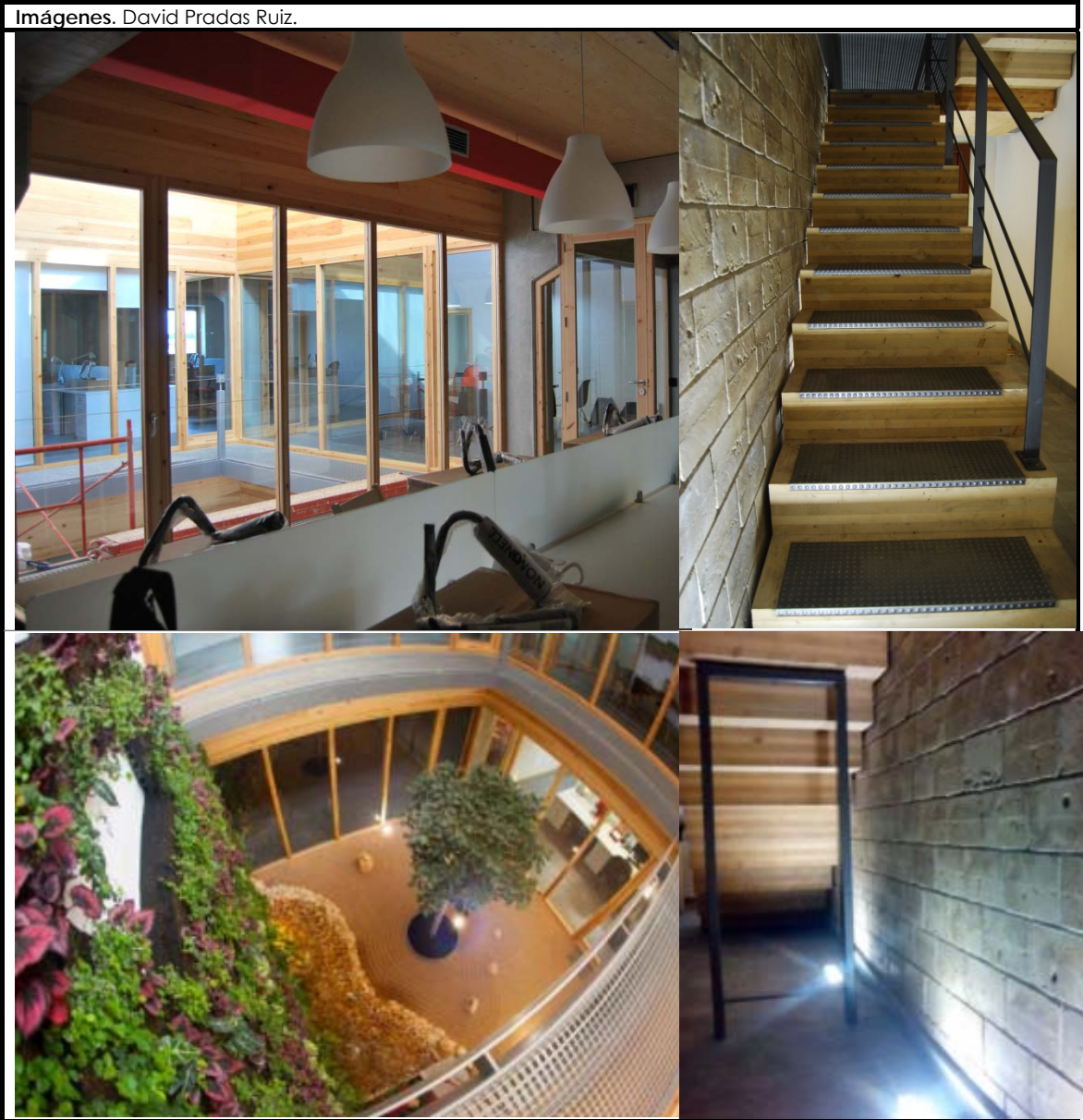
Imágenes. Ecohabitar, proyecto de ejecución y David Pradas Ruiz.




Cataluña- GER-001 - Industrial - Oficinas																
Tipo de BT	BTC															
Dirección	C Llevant 34															
Ciudad/Provincia	Vilamalla - Gerona															
País	España															
																
Datos básicos de la edificación																
Años de Construcción	2014	Observaciones														
Ocupación	Público	Privado	Sin uso	Con uso												
Tipología arquitectónica	Defensiva	Religiosa	Residencial	Otros												
Datos del entorno y parcela																
Altura localidad	Altura Nivel Freático	Vegetación	Acerado	Servidumbres de paso												
60 m (altitud)	-	Si	No	Se desconocen												
Agentes de la edificación																
Fabricante	Nombre	Bioterre y autofabricado														
Proyectista	Nombre y Apellidos	David Pradas Ruiz - Solventa 6														
	Profesión	Arquitecto técnico - Ingeniero														
Dirección de Obra	Nombre y Apellidos	David Pradas Ruiz - Solventa 6														
	Profesión	Arquitecto técnico - Ingeniero														
Constructora	Nombre	David Pradas como Project Manager														
	Dirección Empresa															
Promotor	Nombre y Apellidos	Alchimiaweb														
Control de la obra	Nombre															
Uso del BT en el modelo																
Tipo	Cerramiento	Estructura	Partición interior	Otro												
Coste del BT	21.000 € (PEM) - www.bioterre.es															
FASE PROYECTO																
Razón Uso BT	Sugerencia del cliente	Cualidades	Disponibilidad	Valores ambientales												
Ventaja empleo BT	Mejora térmica	Reducción de costes	Reducción de residuos	Ns/Nc												
Observaciones																
FASE OBRA																
Inconvenientes del empleo	Incremento de costes	Pérdida de calidad final	Disminución de la salubridad	Dificultad de puesta en obra												
Observaciones																
FASE FINAL																
Nivel de satisfacción por cada agente de la edificación (D=Deficiente; A= Aceptable; O=Óptimo; NS= No sabe o no contesta)																
Agentes	Cliente				Proyectista				Dirección facultativa				Constructora			
Definición del BT en proyecto	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS
Cumplimiento del BT con respecto a la normativa	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS
Colocación del BT en obra	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS
Expectativas del BT en el futuro	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS
Observaciones																

Documentación que define el BT utilizado				
Documentación que tiene el BT según fabricante:	Certificado de conformidad	Prestaciones finales	Soluciones técnicas basadas en la normativa	Soluciones alternativas a la normativa
	Marcado CE del producto	Documentación del proceso de los suministros	Distintivos de calidad	Controles de los ensayos certificados
	Controles de calidad: Ensayos.	En el caso de ensayos, ¿qué ensayos se realizaron? Rotura a compresión	Otro:	Otro:
Aspectos documentales de proyecto y puesta en obra				
Redacción de proyecto básico y de ejecución	Si	No	Observaciones:	
Modificación en obra de aspectos del proyecto:	Falta de definición	Incorrecta definición de las soluciones constructivas	Mejora de las soluciones constructivas	Cuestiones económicas
	BT no se ajustaba a lo indicado en el proyecto	Ns/Nc	Otro:	
Normativas o guías utilizadas				
Apartados de los documentos:	Normativa Española	Normativa internacional	Guías técnicas del producto	Fichas técnicas del producto
Datos referidos al producto	Si	-	-	-
Controles del producto	Si	-	-	-
Soluciones técnicas basadas en la normativa	Si	-	-	-
Soluciones alternativas a la normativa	-	-	-	-
Prestaciones finales del producto	-	-	-	-
Datos básicos para el cumplimiento del CTE				
CTE - HS	Zona pluviométrica de promedios CTE	Zona eólica	Grado de Impermeabilidad	Tipo de terreno
	III	C	3	III
CTE - HE	Zona climática			
	C2			
Datos de la fabricación del BT y transporte				
Localización fabricación BT	Camallera i Les Planes d'Hostoles			
Diferencias entre el proyecto y la puesta en obra				
Descripción de la modificación:				
Razón de la modificación:				
Observaciones:				
Adaptación bioclimática de nave industrial. Colocación de hoja de BTC a canto.				

Imágenes. David Pradas Ruiz.



Cataluña- GER-002 - Vivienda unifamiliar aislada																	
Tipo de BT	BTC																
Dirección	-																
Ciudad/Provincia	Barcelona																
País	España																
Datos básicos de la edificación																	
Años de Construcción	2010				Observaciones												
Ocupación	Público				Privado			Sin uso				Con uso					
Tipología arquitectónica	Defensiva				Religiosa			Residencial				Otros					
Datos del entorno y parcela																	
Altura localidad	Altura Nivel Freático				Vegetación				Acerado				Servidumbres de paso				
-	-				Si				No				Se desconocen				
Agentes de la edificación																	
Fabricante	Nombre				Bioterre												
Proyectista	Nombre y Apellidos				Gabi Barbeta, Esteve Navarrete												
	Profesión				Arquitectos												
Dirección de Obra	Nombre y Apellidos				Miquel Escobar												
	Profesión				Arquitecto técnico												
Constructora	Nombre				Casa alternativa Puig												
	Dirección Empresa				Gabi Barbeta, Esteve Navarrete												
Promotor	Nombre y Apellidos				-												
Control de la obra	Nombre				-												
Uso del BT en el modelo																	
Tipo	Cerramiento				Estructura				Partición interior				Otro				
Coste del BT	www.bioterre.es																
FASE PROYECTO																	
Razón Uso BT	Sugerencia del cliente				Cualidades				Disponibilidad				Valores ambientales				
Ventaja empleo BT	Mejora térmica				Reducción de costes				Reducción de residuos				Ns/Nc				
Observaciones																	
FASE OBRA																	
Inconvenientes del empleo	Incremento de costes				Pérdida de calidad final				Disminución de la salubridad				Dificultad de puesta en obra				
Observaciones																	
FASE FINAL																	
Nivel de satisfacción por cada agente de la edificación (D=Deficiente; A= Aceptable; O=Óptimo; NS= No sabe o no contesta)																	
Agentes	Cliente				Proyectista				Dirección facultativa				Constructora				
Definición del BT en proyecto	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	
Cumplimiento del BT con respecto a la normativa	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	
Colocación del BT en obra	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	
Expectativas del BT en el futuro	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	
Observaciones	No se ha podido establecer contacto con la propiedad ni con la constructora.																

Documentación que define el BT utilizado				
Documentación que tiene el BT según fabricante:	Certificado de conformidad	Prestaciones finales	Soluciones técnicas basadas en la normativa	Soluciones alternativas a la normativa
	Marcado CE del producto	Documentación del proceso de los suministros	Distintivos de calidad	Controles de los ensayos certificados
	Controles de calidad: Ensayos.	En el caso de ensayos, ¿qué ensayos se realizaron?	Otro:	Otro:
Aspectos documentales de proyecto y puesta en obra				
Redacción de proyecto básico y de ejecución	Si	No	Observaciones:	
Modificación en obra de aspectos del proyecto:	Falta de definición	Incorrecta definición de las soluciones constructivas	Mejora de las soluciones constructivas	Cuestiones económicas
	BT no se ajustaba a lo indicado en el proyecto	Ns/Nc	Otro:	
Normativas o guías utilizadas				
Apartados de los documentos:	Normativa Española	Normativa internacional	Guías técnicas del producto	Fichas técnicas del producto
Datos referidos al producto	Si	Si	Si	Si
Controles del producto	Si	Si	Si	Si
Soluciones técnicas basadas en la normativa	Si	Si	Si	Si
Soluciones alternativas a la normativa	Si	Si	Si	Si
Prestaciones finales del producto	Si	Si	Si	Si
Datos básicos para el cumplimiento del CTE				
CTE - HS	Zona pluviométrica de promedios CTE	Zona eólica	Grado de Impermeabilidad	Tipo de terreno
	III	C	3	III
CTE - HE	Zona climática			
	D2			
Datos de la fabricación del BT y transporte				
Localización fabricación BT	Camallera i Les Planes d'Hostoles			
Diferencias entre el proyecto y la puesta en obra				
Descripción de la modificación:				
Razón de la modificación:				
Observaciones:				
<p>Vivienda unifamiliar aislada de configuración espacial curva y situada en una ladera de la montaña. El edificio se sitúa semienterrado para aumentar la inercia térmica. La cubierta es de madera con acabado ajardinado junto con aislamiento. Se ha utilizado materiales naturales como la arlita en soleras, bambú como armado estructural, corcho natural como aislamiento en solera y cubierta. La estructura es de madera y los revestidos interiores de cal con pinturas transpirables, piedra naturalm carpintería de pino laminado y barnices naturales a base de aceite de linaza. El mallazo de acero de la solera se sustituyó por fibras de polipropileno. El BTC se utilizó para los muros y se dejó visto. También se le añadió armado vertical de bambú para mejorar el comportamiento a flexión (Información de la revista Ecohabitar).</p>				

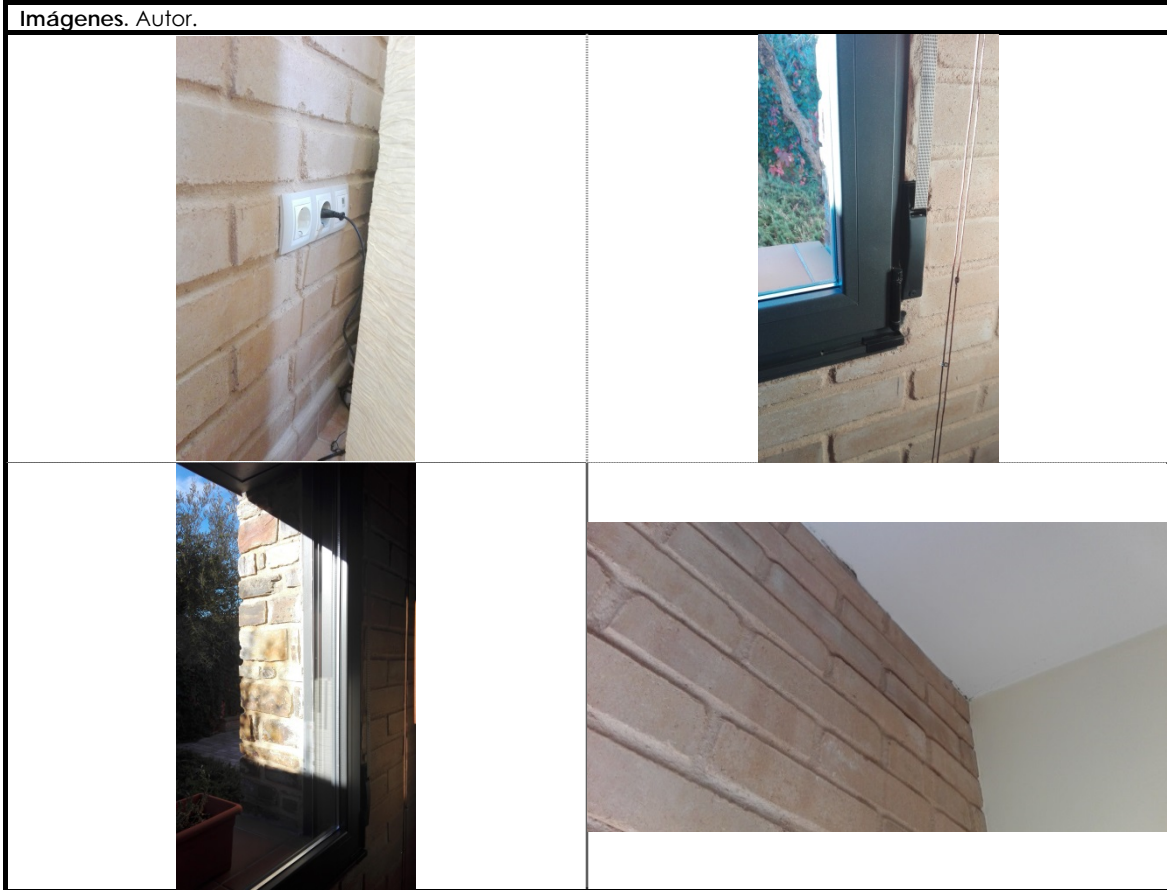
Imágenes. Imágenes de la Revista Ecohabitar y la DF.




Madrid- MAD-001 – Vivienda unifamiliar aislada																
Tipo de BT	BTC															
Dirección	-															
Ciudad/Provincia	Buitrago de Lozoya, Madrid.															
País	España															
																
Datos básicos de la edificación																
Años de Construcción	2006-07				Observaciones											
Ocupación	Público				Privado				Sin uso				Con uso			
Tipología arquitectónica	Defensiva				Religiosa				Residencial				Otros			
Datos del entorno y parcela																
Altura localidad	Altura Nivel Freático				Vegetación				Acerado				Servidumbres de paso			
-	-				Si				Si				Se desconocen			
Agentes de la edificación																
Fabricante	Nombre				Terrablock BTC											
Proyectista	Nombre y Apellidos				Jorge Seisdedos											
	Profesión				arquitecto											
Dirección de Obra	Nombre y Apellidos				Jorge Seisdedos											
	Profesión				arquitecto											
Constructora	Nombre				Terrablock BTC											
	Dirección Empresa				-											
Promotor	Nombre y Apellidos				Jorge Seisdedos											
Control de la obra	Nombre															
Uso del BT en el modelo																
Tipo	Cerramiento (Interior)				Estructura				Partición interior				Otro			
Coste del BT	http://www.ceetydes.org															
FASE PROYECTO																
Razón Uso BTC	Sugerencia del cliente				Cualidades				Disponibilidad				Valores ambientales			
Ventaja empleo BTC	Mejora térmica				Reducción de costes				Reducción de residuos				Ns/Nc			
Observaciones																
FASE OBRA																
Inconvenientes del empleo	Incremento de costes				Pérdida de calidad final				Disminución de la salubridad				Dificultad de puesta en obra			
Observaciones																
FASE FINAL																
Nivel de satisfacción por cada agente de la edificación (D=Deficiente; A= Aceptable; O=Óptimo; NS= No sabe o no contesta)																
Agentes	Cliente				Proyectista				Dirección facultativa				Constructora			
Definición del BT en proyecto	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS
Cumplimiento del BT con respecto a la normativa	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS
Colocación del BT en obra	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS
Expectativas del BT en el futuro	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS
Observaciones																

Documentación que define el BT utilizado				
Documentación que tiene el BT según fabricante:	Certificado de conformidad	Prestaciones finales	Soluciones técnicas basadas en la normativa	Soluciones alternativas a la normativa
	Marcado CE del producto	Documentación del proceso de los suministros	Distintivos de calidad	Controles de los ensayos certificados
	Controles de calidad: Ensayos.	Otros:	Otro:	Otro:
Aspectos documentales de proyecto y puesta en obra				
Redacción de proyecto básico y de ejecución	Si	No	Observaciones:	
Modificación en obra de aspectos del proyecto:	Falta de definición	Incorrecta definición de las soluciones constructivas	Mejora de las soluciones constructivas	Cuestiones económicas
	BT no se ajustaba a lo indicado en el proyecto	Ns/Nc	Otro:	
Normativas o guías utilizadas				
Apartados de los documentos:	Normativa Española	Normativa internacional	Guías técnicas del producto	Fichas técnicas del producto
Datos referidos al producto	Si	Si	Si	Si
Controles del producto	Si	Si	Si	Si
Soluciones técnicas basadas en la normativa	Si	Si	Si	Si
Soluciones alternativas a la normativa	Si	Si	Si	Si
Prestaciones finales del producto	Si	Si	Si	Si
Datos básicos para el cumplimiento del CTE				
CTE - HS	Zona pluviométrica de promedios CTE	Zona eólica	Grado de Impermeabilidad	Tipo de terreno
	IV	A	3	II
CTE - HE	Zona climática			
	D2			
Datos de la fabricación del BT y transporte				
Localización fabricación BT	Berzosa de Lozoya			
Diferencias entre el proyecto y la puesta en obra				
Descripción de la modificación:				
Razón de la modificación:				
Observaciones:				
Se trata de una vivienda unifamiliar aislada que incluye la utilización de BTC tomados con mortero de cal y como hoja interior del cerramiento dejándolo visto hacia el interior. Las instalaciones circulan por la cámara de aire atravesando la hoja interior cuando es entrada o salida de conductor. Los materiales de construcción empleados en edificación pueden aportar un ambiente interior más sano y saludable. Si se trata materiales naturales es posible aprovechar sus cualidades de adaptación a las exigencias del clima local, contribuyendo a controlar el intercambio de temperatura y humedad necesarios para conseguir una situación de confort adecuada (Sitio web http://www.ceetydes.org - DF).				

Imágenes. Autor.




Madrid- MAD-002-003-004 - Vivienda unifamiliar aislada									
Tipo de BT	BTC								
Dirección	-								
Ciudad/Provincia	Berzosa de Lozoya, Madrid								
País	España								
									
					Datos básicos de la edificación				
					Años de Construcción	2006 a 2012	Observaciones	Financiación: Consejería de Empleo y Mujer - Comunidad de Madrid PAMAM - Patronato Madrileño de Áreas de Montaña Consejería de Presidencia - Comunidad de Madrid	
					Ocupación	Público	Privado	Sin uso	Con uso
					Tipología arquitectónica	Defensiva	Religiosa	Residencial	Otros
Datos del entorno y parcela									
Altura localidad	Altura Nivel Freático	Vegetación	Acerado	Servidumbres de paso					
-	-	No	Si	Se desconocen					
Agentes de la edificación									
Fabricante	Nombre	Terrablock BTC							
Proyektista	Nombre y Apellidos	Jorge Seisdedos Porta Jorge Luis de Olarte Tristán							
	Profesión	Arquitectos							
Dirección de Obra	Nombre y Apellidos	Jorge Seisdedos Porta Jorge Luis de Olarte Tristán							
	Profesión								
Constructora	Nombre	1ª Fase: Proyecto participativo de formación y empleo 2ª Fase: Construcciones Marcos García S.A. 3ª Fase: Varios							
	Dirección Empresa	Construcciones Marcos GARCÍA S.A. Calle de la Iglesia, 1, 28754 Las Navas de Buítrago, Madrid							
Promotor	Nombre y Apellidos	Ayuntamiento de Berzosa del Lozoya (Madrid) Hábitat Tierra-CEETyDeS, Comunidad de Madrid							
Control de la obra	Nombre	-							
Uso del BT en el modelo									
Tipo	Cerramiento	Estructura	Partición interior	Otro					
Coste del BT	http://www.ceetydes.org/								
FASE PROYECTO									
Razón Uso BTC	Sugerencia del cliente	Cualidades	Disponibilidad	Valores ambientales					
Ventaja empleo BTC	Mejora térmica	Reducción de costes	Reducción de residuos	Ns/Nc					
Observaciones									
FASE OBRA									
Inconvenientes del empleo	Incremento de costes	Pérdida de calidad final	Disminución de la salubridad	Dificultad de puesta en obra					
Observaciones									
FASE FINAL									
Nivel de satisfacción por cada agente de la edificación (D=Deficiente; A= Aceptable; O=Óptimo; NS= No sabe o no contesta)									
Agentes	Cliente	Proyektista	Dirección facultativa	Constructora					
Definición del BT en proyecto	D A O NS	D A O NS	D A O NS	D A O NS					
Cumplimiento del BT con respecto a la normativa	D A O NS	D A O NS	D A O NS	D A O NS					
Colocación del BT en obra	D A O NS	D A O NS	D A O NS	D A O NS					
Expectativas del BT	D A O NS	D A O NS	D A O NS	D A O NS					

en el futuro									
Observaciones									
Documentación que define el BT utilizado									
Documentación que tiene el BT según fabricante:	Certificado de conformidad	Prestaciones finales	Soluciones técnicas basadas en la normativa	Soluciones alternativas a la normativa					
	Marcado CE del producto	Documentación del proceso de los suministros	Distintivos de calidad	Controles de los ensayos certificados					
	Controles de calidad: Ensayos.	Otro:	Otro:	Otro:					
Aspectos documentales de proyecto y puesta en obra									
Redacción de proyecto básico y de ejecución	Si	No	Observaciones:						
Modificación en obra de aspectos del proyecto:	Falta de definición	Incorrecta definición de las soluciones constructivas	Mejora de las soluciones constructivas	Cuestiones económicas					
	BT no se ajustaba a lo indicado en el proyecto	Ns/Nc	Otro:						
Normativas o guías utilizadas									
Apartados de los documentos:	Normativa Española	Normativa internacional	Guías técnicas del producto	Fichas técnicas del producto					
Datos referidos al producto	Si	Si	-	Si					
Controles del producto	Si	Si	-	Si					
Soluciones técnicas basadas en la normativa	-	-	-	Si					
Soluciones alternativas a la normativa	-	-	-	Si					
Prestaciones finales del producto	Si	Si	-	Si					
Datos básicos para el cumplimiento del CTE									
CTE - HS	Zona pluviométrica de promedios CTE	Zona eólica	Grado de Impermeabilidad	Tipo de terreno					
	IV	A	3	III					
CTE - HE	Zona climática								
	E1								
Datos de la fabricación del BT y transporte									
Localización fabricación BT	Berzosa de Lozoya								
Diferencias entre el proyecto y la puesta en obra									
Descripción de la modificación:									
Razón de la modificación:									
Observaciones:									
El proyecto de Naves Bioclimáticas de Berzosa del Lozoya se enmarca dentro de la filosofía de desarrollo sostenible de la localidad, potenciando un proceso edificatorio y urbanístico que mejore la calidad de vida de sus habitantes y visitantes, a través de la construcción y acondicionamiento de sus equipamientos e infraestructuras mediante técnicas de arquitectura bioclimática y empleo de materiales de bioconstrucción (http://www.ceetydes.org). El uso del BTC ha sido llevado a cabo en los cerramientos mediante la ejecución de muro trombe en alguno de ellos y en la zona superior junto con un entramado de madera sin revestimiento. En la base del muro se han colocado ladrillos cerámicos para evitar la ascensión capilar. La configuración espacial de las naves es ortogonal.									

Imágenes. Autor.




Madrid- MAD-005 - Vivienda unifamiliar adosada				
Tipo de BT	BTC			
Dirección	-			
Ciudad/Provincia	Puebla de la Sierra, Madrid.			
País	España			
				
Datos básicos de la edificación				
Años de Construcción	2012	Observaciones		
Ocupación	<input type="radio"/> Público	<input type="radio"/> Privado	<input type="radio"/> Sin uso	<input type="radio"/> Con uso
Tipología arquitectónica	<input type="radio"/> Defensiva	<input type="radio"/> Religiosa	<input type="radio"/> Residencial	<input type="radio"/> Otros
Datos del entorno y parcela				
Altura localidad	Altura Nivel Freático	Vegetación	Acerado	Servidumbres de paso
-	-	No	Si	Se desconocen
Agentes de la edificación				
Fabricante	Nombre	Terrablock BTC		
Proyectista	Nombre y Apellidos	Jorge Seisdedos Porta		
	Profesión	Arquitecto		
Dirección de Obra	Nombre y Apellidos	Jorge Seisdedos Porta		
	Profesión	Arquitecto		
Constructora	Nombre	-		
	Dirección Empresa	-		
Promotor	Nombre y Apellidos	-		
Control de la obra	Nombre	-		
Uso del BT en el modelo				
Tipo	<input type="radio"/> Cerramiento	<input type="radio"/> Estructura	<input type="radio"/> Partición interior	<input type="radio"/> Otro
Coste del BT				
FASE PROYECTO				
Razón Uso BTC	Sugerencia del cliente	Cualidades	Disponibilidad	Valores ambientales
Ventaja empleo BTC	Mejora térmica	Reducción de costes	Reducción de residuos	Ns/Nc
Observaciones				
FASE OBRA				
Inconvenientes del empleo	Incremento de costes	Pérdida de calidad final	Disminución de la salubridad	Dificultad de puesta en obra
Observaciones				
FASE FINAL				
Nivel de satisfacción por cada agente de la edificación (D=Deficiente; A= Aceptable; O=Óptimo; NS= No sabe o no contesta)				
Agentes	Cliente	Proyectista	Dirección facultativa	Constructora
Definición del BT en proyecto	D A O NS	D A O NS	D A O NS	D A O NS
Cumplimiento del BT con respecto a la normativa	D A O NS	D A O NS	D A O NS	D A O NS
Colocación del BT en obra	D A O NS	D A O NS	D A O NS	D A O NS
Expectativas del BT en el futuro	D A O NS	D A O NS	D A O NS	D A O NS
Observaciones	No se ha establecido comunicación con el promotor ni la constructora.			

Documentación que define el BT utilizado				
Documentación que tiene el BT según fabricante:	Certificado de conformidad	Prestaciones finales	Soluciones técnicas basadas en la normativa	Soluciones alternativas a la normativa
	Marcado CE del producto	Documentación del proceso de los suministros	Distintivos de calidad	Controles de los ensayos certificados
	Controles de calidad: Ensayos.	En el caso de ensayos, ¿qué ensayos se realizaron?	Otro:	Otro:
Aspectos documentales de proyecto y puesta en obra				
Redacción de proyecto básico y de ejecución	Si	No	Observaciones:	
Modificación en obra de aspectos del proyecto:	Falta de definición	Incorrecta definición de las soluciones constructivas	Mejora de las soluciones constructivas	Cuestiones económicas
	BT no se ajustaba a lo indicado en el proyecto	Ns/Nc	Otro:	
Normativas o guías utilizadas				
Apartados de los documentos:	Normativa Española	Normativa internacional	Guías técnicas del producto	Fichas técnicas del producto
Datos referidos al producto	Si	Si	-	Si
Controles del producto	Si	Si	-	Si
Soluciones técnicas basadas en la normativa	Si	-	-	Si
Soluciones alternativas a la normativa	-	-	-	Si
Prestaciones finales del producto	Si	Si	-	Si
Datos básicos para el cumplimiento del CTE				
CTE - HS	Zona pluviométrica de promedios CTE	Zona eólica	Grado de Impermeabilidad	Tipo de terreno
	IV	A	3	III
CTE - HE	Zona climática			
	E1			
Datos de la fabricación del BT y transporte				
Localización fabricación BT	Berzosa de Lozoya			
Diferencias entre el proyecto y la puesta en obra				
Descripción de la modificación:				
Razón de la modificación:				
Observaciones:				
Se trata de una vivienda unifamiliar adosada de 2 plantas de altura. El cerramiento de planta alta utiliza el BTC tomado con mortero de cal como hoja exterior sin revestimiento. Este se sitúa entre el entramado de madera en el que se apoya. A continuación del BTC se sitúa cámara de aire y aislamiento térmico. La hoja interior posee un embarado de mortero de cemento y está ejecutada con ladrillo cerámico.				

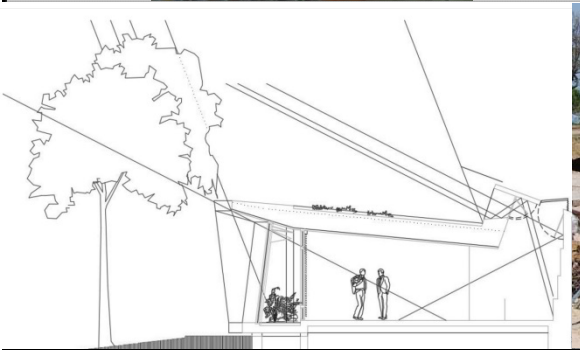
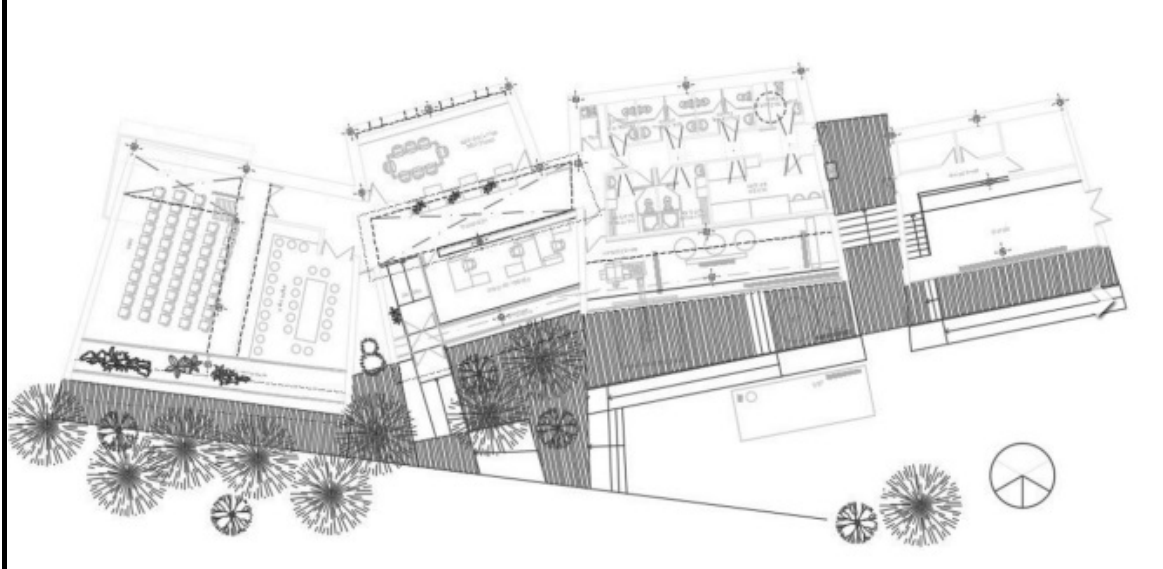
Imágenes. Fotos de obra. DF.




Madrid- MAD-006 - Aulas de educación ambiental				
Tipo de BT	BTC			
Dirección	Calle Montebajo, 2			
Ciudad/Provincia	Pozuelo de Alarcón, Madrid.			
País	España			
				
Datos básicos de la edificación				
Años de Construcción	2008	Observaciones		
Ocupación	Público	Privado	Sin uso	Con uso
Tipología arquitectónica	Defensiva	Religiosa	Residencial	Otros
Datos del entorno y parcela				
Altura localidad	Altura Nivel Freático	Vegetación	Acerado	Servidumbres de paso
-	-	Si	Si	Se desconocen
Agentes de la edificación				
Fabricante	Nombre	Terrablock BTC		
Proyectista	Nombre y Apellidos	Antonio Baño Nieva		
	Profesión	Arquitecto		
Dirección de Obra	Nombre y Apellidos	Antonio Baño Nieva		
	Profesión	Arquitecto		
Constructora	Nombre	Becsa		
	Dirección Empresa	-		
Promotor	Nombre y Apellidos	-		
Control de la obra	Nombre	-		
Uso del BT en el modelo				
Tipo	Cerramiento	Estructura	Partición interior	Otro
Coste del BT	http://www.ceetydes.org			
FASE PROYECTO				
Razón Uso BTC	Sugerencia del cliente	Cualidades	Disponibilidad	Valores ambientales
Ventaja empleo BTC	Mejora térmica	Reducción de costes	Reducción de residuos	Ns/Nc
Observaciones				
FASE OBRA				
Inconvenientes del empleo	Incremento de costes	Pérdida de calidad final	Disminución de la salubridad	Dificultad de puesta en obra
Observaciones				
FASE FINAL				
Nivel de satisfacción por cada agente de la edificación (D=Deficiente; A= Aceptable; O=Óptimo; NS= No sabe o no contesta)				
Agentes	Cliente	Proyectista	Dirección facultativa	Constructora
Definición del BT en proyecto	D A O NS	D A O NS	D A O NS	D A O NS
Cumplimiento del BT con respecto a la normativa	D A O NS	D A O NS	D A O NS	D A O NS
Colocación del BT en obra	D A O NS	D A O NS	D A O NS	D A O NS
Expectativas del BT en el futuro	D A O NS	D A O NS	D A O NS	D A O NS
Observaciones				

Documentación que define el BT utilizado				
Documentación que tiene el BT según fabricante:	Certificado de conformidad	Prestaciones finales	Soluciones técnicas basadas en la normativa	Soluciones alternativas a la normativa
	Marcado CE del producto	Documentación del proceso de los suministros	Distintivos de calidad	Controles de los ensayos certificados
	Controles de calidad: Ensayos.	En el caso de ensayos, ¿qué ensayos se realizaron?	Otro:	Otro:
Aspectos documentales de proyecto y puesta en obra				
Redacción de proyecto básico y de ejecución	Si	No	Observaciones:	
Modificación en obra de aspectos del proyecto:	Falta de definición	Incorrecta definición de las soluciones constructivas	Mejora de las soluciones constructivas	Cuestiones económicas
	BT no se ajustaba a lo indicado en el proyecto	Ns/Nc	Otro:	
Normativas o guías utilizadas				
Apartados de los documentos:	Normativa Española	Normativa internacional	Guías técnicas del producto	Fichas técnicas del producto
Datos referidos al producto	Si	Si	-	Si
Controles del producto	Si	Si	-	Si
Soluciones técnicas basadas en la normativa	Si	-	-	Si
Soluciones alternativas a la normativa	-	-	-	Si
Prestaciones finales del producto	Si	-	-	Si
Datos básicos para el cumplimiento del CTE				
CTE - HS	Zona pluviométrica de promedios CTE	Zona eólica	Grado de Impermeabilidad	Tipo de terreno
	IV	A	3	IV
CTE - HE	Zona climática			
	C3			
Datos de la fabricación del BT y transporte				
Localización fabricación BT	Berzosa de Lozoya			
Diferencias entre el proyecto y la puesta en obra				
Descripción de la modificación:				
Razón de la modificación:				
Observaciones:				
Este edificio está denominado como CREAS (Centro de recursos de educación ambiental para la sostenibilidad). Ha ganado numerosos premios a nivel internacional entre los que destacan el premio COP21 de París del 2015 y el Premio "Construcción Sostenible" en el año 2009 (ENDESA-Barcelona Meeting-Point-Casa Bioclimática). El uso del BTC se realiza por medio del muro trombe. La cimentación está realizada con hormigón armado y la estructura con tierra, hormigón, ladrillo y madera. La impermeabilización se realiza por medio del uso de lámina EPDM. Los revestimientos exteriores son de revoco de cal aérea. Las particiones interiores de tablero de madera o cartón-yeso (Información obtenido del fabricante y de alojamientos web del centro).				

Imágenes. <http://www.construction21.org/espana/case-studies/es/creas-centro-de-recursos-de-educacion-ambiental-para-la-sostenibilidad.html>




Madrid- MAD-007 - Centro de hidroterapia				
Tipo de BT	BTC			
Dirección	Calle La Cerca			
Ciudad/Provincia	Berzosa de Lozoya, Madrid.			
País	España			
Datos básicos de la edificación				
Años de Construcción	2016	Observaciones		
Ocupación	Público	Privado	Sin uso	Con uso
Tipología arquitectónica	Defensiva	Religiosa	Residencial	Otros
Datos del entorno y parcela				
Altura localidad	Altura Nivel Freático	Vegetación	Acerado	Servidumbres de paso
-	-	Si	Si	Se desconocen
Agentes de la edificación				
Fabricante	Nombre	Terrablock BTC		
Proyectista	Nombre y Apellidos	Terrablock BTC		
	Profesión	Jorge Seisdedos Porta		
Dirección de Obra	Nombre y Apellidos	Arquitecto		
	Profesión	Jorge Seisdedos Porta		
Constructora	Nombre	Arquitecto		
	Dirección Empresa	-		
Promotor	Nombre y Apellidos	-		
Control de la obra	Nombre	-		
Uso del BT en el modelo				
Tipo	Cerramiento	Estructura	Partición interior	Otro
Coste del BT	http://www.ceetydes.org			
FASE PROYECTO				
Razón Uso BTC	Sugerencia del cliente	Cualidades	Disponibilidad	Valores ambientales
Ventaja empleo BTC	Mejora térmica	Reducción de costes	Reducción de residuos	Ns/Nc
Observaciones				
FASE OBRA				
Inconvenientes del empleo	Incremento de costes	Pérdida de calidad final	Disminución de la salubridad	Dificultad de puesta en obra
Observaciones				
FASE FINAL				
Nivel de satisfacción por cada agente de la edificación (D=Deficiente; A= Aceptable; O=Óptimo; NS= No sabe o no contesta)				
Agentes	Cliente	Proyectista	Dirección facultativa	Constructora
Definición del BT en proyecto	D A O NS	D A O NS	D A O NS	D A O NS
Cumplimiento del BT con respecto a la normativa	D A O NS	D A O NS	D A O NS	D A O NS
Colocación del BT en obra	D A O NS	D A O NS	D A O NS	D A O NS
Expectativas del BT en el futuro	D A O NS	D A O NS	D A O NS	D A O NS
Observaciones	No se ha establecido comunicación con el promotor.			

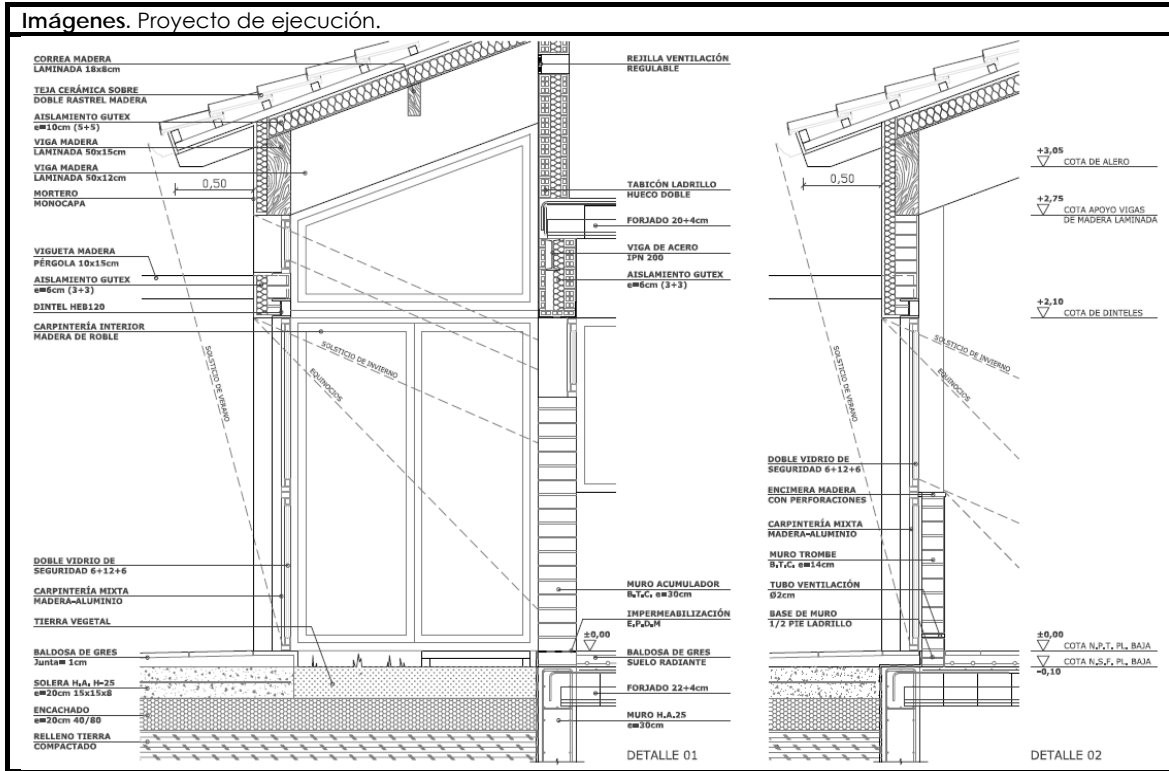
Documentación que define el BT utilizado				
Documentación que tiene el BT según fabricante:	Certificado de conformidad	Prestaciones finales	Soluciones técnicas basadas en la normativa	Soluciones alternativas a la normativa
	Marcado CE del producto	Documentación del proceso de los suministros	Distintivos de calidad	Controles de los ensayos certificados
	Controles de calidad: Ensayos.	Otro:	Otro:	Otro:
Aspectos documentales de proyecto y puesta en obra				
Redacción de proyecto básico y de ejecución	Si	No	Observaciones:	
Modificación en obra de aspectos del proyecto:	Falta de definición	Incorrecta definición de las soluciones constructivas	Mejora de las soluciones constructivas	Cuestiones económicas
	BT no se ajustaba a lo indicado en el proyecto	Ns/Nc	Otro:	
Normativas o guías utilizadas				
Apartados de los documentos:	Normativa Española	Normativa internacional	Guías técnicas del producto	Fichas técnicas del producto
Datos referidos al producto	Si	Si	-	-
Controles del producto	Si	Si	-	-
Soluciones técnicas basadas en la normativa	Si	-	-	-
Soluciones alternativas a la normativa	-	-	-	-
Prestaciones finales del producto	Si	Si	-	-
Datos básicos para el cumplimiento del CTE				
CTE - HS	Zona pluviométrica de promedios CTE	Zona eólica	Grado de Impermeabilidad	Tipo de terreno
	IV	A	3	IV
CTE - HE	Zona climática			
	E1			
Datos de la fabricación del BT y transporte				
Localización fabricación BT	Berzosa de Lozoya			
Diferencias entre el proyecto y la puesta en obra				
Descripción de la modificación:				
Razón de la modificación:				
Observaciones:				
Se trata de un edificio de configuración espacial ortogonal y dividido en dos piezas de distinto tamaño y forma. En la pieza de menor tamaño se utiliza BTC como muro exterior sin revestimiento y en su interior, mediante un muro de mayor tamaño. En ambos casos, el muro se encuentra protegido, el exterior por una cornisa.				


Imágenes. Autor.



Madrid- MAD-008 – Casa de niños bioclimática																																
Tipo de BT	BTC																															
Dirección	-																															
Ciudad/Provincia	Cervera de Buitrago, Madrid																															
País	España																															
																																
																Datos básicos de la edificación																
																Años de Construcción	2007-08				Observaciones				Financiación: PRISMA 06-07 Plan Regional de Servicios e Inversiones de Madrid Consejería de Presidencia - Comunidad de Madrid Este proyecto no se llegó a ejecutar con BTC, pero se ha tenido en cuenta como caso hipotético.							
																Ocupación	Público				Privado				Sin uso				Con uso			
																Tipología arquitectónica	Defensiva				Religiosa				Residencial				Otros			
Datos del entorno y parcela																																
Altura localidad	-				Altura Nivel Freático	-				Vegetación	Si				Acerado	Si				Servidumbres de paso	Se desconocen											
Agentes de la edificación																																
Fabricante	Nombre				Terrablock BTC																											
Proyectista	Nombre y Apellidos				Terrablock BTC																											
	Profesión				Jorge Seisdedos Porta																											
Dirección de Obra	Nombre y Apellidos				Arquitecto																											
	Profesión				Jorge Seisdedos Porta																											
Constructora	Nombre				Arquitecto																											
	Dirección Empresa				-																											
Promotor	Nombre y Apellidos				ARPEGIO – Áreas de promoción empresarial S.A.																											
Control de la obra	Nombre				-																											
Uso del BT en el modelo																																
Tipo	Cerramiento				Estructura				Partición interior				Otro																			
Coste del BT																																
FASE PROYECTO																																
Razón Uso BTC	Sugerencia del cliente				Cualidades				Disponibilidad				Valores ambientales																			
Ventaja empleo BTC	Mejora térmica				Reducción de costes				Reducción de residuos				Ns/Nc																			
Observaciones																																
FASE OBRA																																
Inconvenientes del empleo	Incremento de costes				Pérdida de calidad final				Disminución de la salubridad				Dificultad de puesta en obra																			
Observaciones																																
FASE FINAL																																
Nivel de satisfacción por cada agente de la edificación (D=Deficiente; A= Aceptable; O=Óptimo; NS= No sabe o no contesta)																																
Agentes	Cliente				Proyectista				Dirección facultativa				Constructora																			
Definición del BT en proyecto	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS																
Cumplimiento del BT con respecto a la normativa	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS																
Colocación del BT en obra	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS																
Expectativas del BT en el futuro	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS																

Observaciones	No se tiene en cuenta el grado de satisfacción dado que se trata de un caso hipotético.			
Documentación que define el BT utilizado				
Documentación que tiene el BT según fabricante:	Certificado de conformidad	Prestaciones finales	Soluciones técnicas basadas en la normativa	Soluciones alternativas a la normativa
	Marcado CE del producto	Documentación del proceso de los suministros	Distintivos de calidad	Controles de los ensayos certificados
	Controles de calidad: Ensayos.	Otro:	Otro:	Otro:
Aspectos documentales de proyecto y puesta en obra				
Redacción de proyecto básico y de ejecución	Si	No	Observaciones:	
Modificación en obra de aspectos del proyecto:	Falta de definición	Incorrecta definición de las soluciones constructivas	Mejora de las soluciones constructivas	Cuestiones económicas
	BT no se ajustaba a lo indicado en el proyecto	Ns/Nc	Otro: El ayuntamiento no aceptó el uso del muro trombe con BTC.	
Normativas o guías utilizadas				
Apartados de los documentos:	Normativa Española	Normativa internacional	Guías técnicas del producto	Fichas técnicas del producto
Datos referidos al producto	Si	Si	-	Si
Controles del producto	Si	Si	-	Si
Soluciones técnicas basadas en la normativa	Si	-	-	Si
Soluciones alternativas a la normativa	-	-	-	Si
Prestaciones finales del producto	Si	Si	-	Si
Datos básicos para el cumplimiento del CTE				
CTE - HS	Zona pluviométrica de promedios CTE	Zona eólica	Grado de Impermeabilidad	Tipo de terreno
	IV	A	3	III
CTE - HE	Zona climática			
	E1			
Datos de la fabricación del BT y transporte				
Localización fabricación BT	Berzosa de Lozoya			
Diferencias entre el proyecto y la puesta en obra				
Descripción de la modificación:	Modificación de material en cerramiento.			
Razón de la modificación:				
Observaciones:				
El interés de incluir este caso de estudio es la utilización de muros trombe y como muro acumulador tras la galería, tal y como puede observarse en los detalles constructivos del proyecto de ejecución. Estos detalles están realizados con muros de 14 cm para que no ocuparan excesivo espacio en el interior. También se observa el uso de la lámina de EPDM para evitar la ascensión capilar del agua.				




Madrid- MAD-009 - Vivienda unifamiliar adosada																
Tipo de BT	Bloque de tierra con cáñamo.															
Dirección	-															
Ciudad/Provincia	Madrid															
País	España															
Datos básicos de la edificación																
Años de Construcción	2003-05	Observaciones														
Ocupación	Público	Privado	Sin uso	Con uso												
Tipología arquitectónica	Defensiva	Religiosa	Residencial	Otros												
Datos del entorno y parcela																
Altura localidad	Altura Nivel Freático	Vegetación	Acerado	Servidumbres de paso												
-	-	Si	Si	Se desconocen												
Agentes de la edificación																
Fabricante	Nombre	Cannabric														
Proyectista	Nombre y Apellidos	Ricardo Higuera y de Cárdenas y Claudia Medina														
	Profesión	Arquitecto														
Dirección de Obra	Nombre y Apellidos	Ricardo Higuera y de Cárdenas y Claudia Medina														
	Profesión	Arquitecto														
Constructora	Nombre	Hermanos Ramón Vacas														
	Dirección Empresa	-														
Promotor	Nombre y Apellidos	Propietarios														
Control de la obra	Nombre	-														
Uso del BT en el modelo																
Tipo	Cerramiento	Estructura	Partición interior	Otro												
Coste del BT	www.cannabric.com															
FASE PROYECTO																
Razón Uso BTC	Sugerencia del cliente	Cualidades	Disponibilidad	Valores ambientales												
Ventaja empleo BTC	Mejora térmica	Reducción de costes	Reducción de residuos	Ns/Nc												
Observaciones																
FASE OBRA																
Inconvenientes del empleo	Incremento de costes	Pérdida de calidad final	Disminución de la salubridad	Dificultad de puesta en obra												
Observaciones																
FASE FINAL																
Nivel de satisfacción por cada agente de la edificación (D=Deficiente; A= Aceptable; O=Óptimo; NS= No sabe o no contesta)																
Agentes	Cliente				Proyectista				Dirección facultativa				Constructora			
Definición del BT en proyecto	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS
Cumplimiento del BT con respecto a la normativa	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS
Colocación del BT en obra	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS
Expectativas del BT en el futuro	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS
Observaciones																

Documentación que define el BT utilizado				
Documentación que tiene el BT según fabricante:	Certificado de conformidad	Prestaciones finales	Soluciones técnicas basadas en la normativa	Soluciones alternativas a la normativa
	Marcado CE del producto	Documentación del proceso de los suministros	Distintivos de calidad	Controles de los ensayos certificados
	Controles de calidad: Ensayos.	Otro:	Otro:	Otro:
Aspectos documentales de proyecto y puesta en obra				
Redacción de proyecto básico y de ejecución	Si	No	Observaciones:	
Modificación en obra de aspectos del proyecto:	Falta de definición	Incorrecta definición de las soluciones constructivas	Mejora de las soluciones constructivas	Cuestiones económicas
	BT no se ajustaba a lo indicado en el proyecto	Ns/Nc	Otro:	
Normativas o guías utilizadas				
Apartados de los documentos:	Normativa Española	Normativa internacional	Guías técnicas del producto	Fichas técnicas del producto
Datos referidos al producto	-	-	-	-
Controles del producto	-	-	-	-
Soluciones técnicas basadas en la normativa	-	-	-	-
Soluciones alternativas a la normativa	-	-	-	-
Prestaciones finales del producto	-	-	-	-
Datos básicos para el cumplimiento del CTE				
CTE - HS	Zona pluviométrica de promedios CTE	Zona eólica	Grado de Impermeabilidad	Tipo de terreno
	IV	A	2	V
CTE - HE	Zona climática			
	C3			
Datos de la fabricación del BT y transporte				
Localización fabricación BT	Guadix (Granada)			
Diferencias entre el proyecto y la puesta en obra				
Descripción de la modificación:				
Razón de la modificación:				
Observaciones:	Se trata de una vivienda unifamiliar de dos plantas de altura. Está ejecutada de bloque de tierra con cáñamo en sus dos plantas. Consigue que entre luz natural en el sótano a través de la realización de patios ingleses en el mismo. Sus cerramientos están realizados con muros aparejados y tomados con mortero de cal. La cubierta está realizada con vigas de madera apoyadas en una viga de coronación que a su vez sirve de dintel de los huecos de planta primera. La carpintería es de aluminio.			

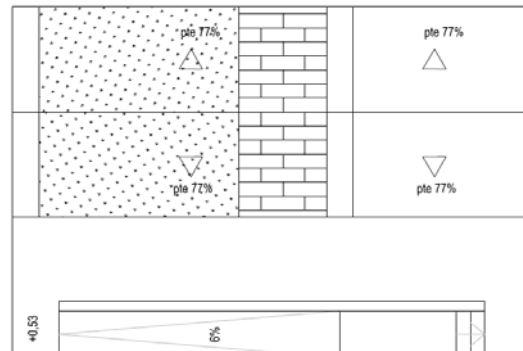
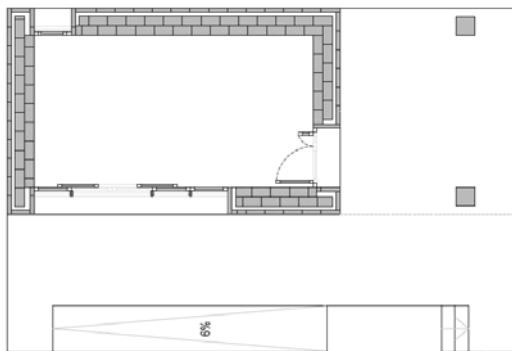
Imágenes. Fotos de obra. Dirección facultativa.



Comunidad Valenciana- ALI-001 - Vivienda unifamiliar aislada																
Tipo de BT	BTC															
Dirección	-															
Ciudad/Provincia	Salinas, Alicante															
País	España															
																
Datos básicos de la edificación																
Años de Construcción	2016	Observaciones														
Ocupación	Público	Privado	Sin uso	Con uso												
Tipología arquitectónica	Defensiva	Religiosa	Residencial	Otros												
Datos del entorno y parcela																
Altura localidad	Altura Nivel Freático	Vegetación	Acerado	Servidumbres de paso												
-	-	Si	Si	Se desconocen												
Agentes de la edificación																
Fabricante	Nombre	Plataforma Biocé S.L.P.														
Proyectista	Nombre y Apellidos	Salvador Gilabert Sanz – Pilar Valero Peiró – Ariadna Heyd Pedrola														
	Profesión	Arquitectos														
Dirección de Obra	Nombre y Apellidos	Salvador Gilabert Sanz – Pilar Valero Peiró – Ariadna Heyd Pedrola														
	Profesión	Arquitecto														
Constructora	Nombre	-														
	Dirección Empresa	-														
Promotor	Nombre y Apellidos	Inalvisa S.A.														
Control de la obra	Nombre	-														
Uso del BT en el modelo																
Tipo	Cerramiento	Estructura	Partición interior	Otro												
Coste del BT																
FASE PROYECTO																
Razón Uso BTC	Sugerencia del cliente	Cualidades	Disponibilidad	Valores ambientales												
Ventaja empleo BTC	Mejora térmica	Reducción de costes	Reducción de residuos	Ns/Nc												
Observaciones																
FASE OBRA																
Inconvenientes del empleo	Incremento de costes	Pérdida de calidad final	Disminución de la salubridad	Dificultad de puesta en obra												
Observaciones																
FASE FINAL																
Nivel de satisfacción por cada agente de la edificación (D=Deficiente; A= Aceptable; O=Óptimo; NS= No sabe o no contesta)																
Agentes	Cliente				Proyectista				Dirección facultativa				Constructora			
Definición del BT en proyecto	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS
Cumplimiento del BT con respecto a la normativa	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS
Colocación del BT en	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS

obra																				
Expectativas del BT en el futuro	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS	D	A	O	NS
Observaciones	La vivienda se encuentra actualmente en construcción por lo que aun no se ha obtenido los grados de satisfacción.																			
Documentación que define el BT utilizado																				
Documentación que tiene el BT según fabricante:	Certificado de conformidad	Prestaciones finales		Soluciones técnicas basadas en la normativa	Soluciones alternativas a la normativa															
	Marcado CE del producto	Documentación del proceso de los suministros		Distintivos de calidad	Controles de los ensayos certificados															
	Controles de calidad: Ensayos.	Otro:		Otro:	Otro:															
Aspectos documentales de proyecto y puesta en obra																				
Redacción de proyecto básico y de ejecución	Si	No	Observaciones:																	
Modificación en obra de aspectos del proyecto:	Falta de definición	Incorrecta definición de las soluciones constructivas	Mejora de las soluciones constructivas	Cuestiones económicas																
	BT no se ajustaba a lo indicado en el proyecto	Ns/Nc	Otro:																	
Normativas o guías utilizadas																				
Apartados de los documentos:	Normativa Española	Normativa internacional	Guías técnicas del producto	Fichas técnicas del producto																
Datos referidos al producto	-	-	-	-																
Controles del producto	-	-	-	-																
Soluciones técnicas basadas en la normativa	-	-	-	-																
Soluciones alternativas a la normativa	-	-	-	-																
Prestaciones finales del producto	-	-	-	-																
Datos básicos para el cumplimiento del CTE																				
CTE - HS	Zona pluviométrica de promedios CTE	Zona eólica	Grado de Impermeabilidad	Tipo de terreno																
	III	B	3	IV																
CTE - HE	Zona climática																			
	B4																			
Datos de la fabricación del BT y transporte																				
Localización fabricación BT	Salinas (Alicante)																			
Diferencias entre el proyecto y la puesta en obra																				
Descripción de la modificación:																				
Razón de la modificación:																				
Observaciones:	Esta vivienda prototipo se encuentra en proceso de construcción. Está desarrollada a partir de un proyecto de investigación y desarrollo para la fabricación de greencomposite. Todos los materiales de la obra, menos la madera, han sido desarrollados por la plataforma: btc, bovedillas, pavimentos y piezas especiales. Libres de cemento. Por ello no se ha podido disponer de parte de la información acerca de la misma. Se tendrá en cuenta este caso de estudio como un caso hipotético al que se le han realizado todos los ensayos posibles para la definición del producto. El edificio se encuentra sobreelevado con respecto a la cota del suelo. La estructura está realizada con muros de carga de BTC y la cubierta inclinada. Se impermeabiliza la zona inferior del inmueble y se localiza un canalón para la recogida de agua en la cubierta.																			

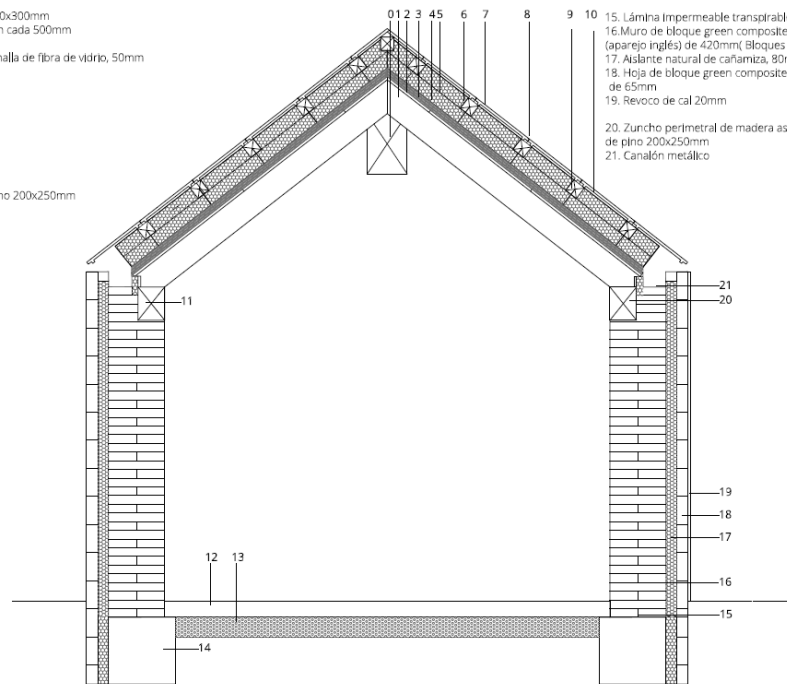
Imágenes. Fotos de obra. Dirección facultativa.



- 0. Viga cumbriera de madera aserrada de pino 450x300mm
- 1. Viguetas madera de pino aserrada 100x200mm cada 500mm
- 2. Bardo green composite, 15 mm
- 3. Capa de compresión cal hidráulica NHL5 con malla de fibra de vidrio, 50mm
- 4. Lámina impermeable transpirable EPDM
- 5. Aislante natural de cañamiza, 200mm
- 6. Rastrelado de madera de 100x100
- 7. Bardo green composite, 15 mm
- 8. Cánamo metálico de sujeción de bardos
- 9. Perno de anclaje
- 10. Lámina anticonvección

- 11. Zuncho perimetral de madera aserrada de pino 200x250mm

- 12. Solera de cal y vidrio triturado,
- 13. Capa de gravas 150mm
- 14. Zapata de borde corrida de hormigón de cal hidráulica NHL5, 500mm



- 15. Lámina impermeable transpirable EPDM
- 16. Muro de bloque green composite trabado (aparejo inglés) de 420mm (Bloques de 65x210x410)
- 17. Aislante natural de cañamiza, 80mm
- 18. Hoja de bloque green composite para exterior de 65mm
- 19. Revoco de cal 20mm
- 20. Zuncho perimetral de madera aserrada de pino 200x250mm
- 21. Canalón metálico

ANEXO C. RESULTADOS DEL EVC Y PRODUCTOS

- NET
- GI
- Intervalos
- 1º Nivel de Análisis
- 2º Nivel de Análisis
- Productos y empresas con etiqueta ecológica.

NET (NIVEL DE EVALUACIÓN TÉCNICA)

	ALM-001	ALM-002	GRA-001	MAL-001	SEV-001	SEV-002	SEV-003	ZAR-001	ZAR-002	HUF-001	BAL-001	PAL-001	PAL-002	PAL-003	SEG-001
C-CA-AF-001 Densidad	3,00	3,00	1,00	1,00	3,00	1,00	1,00	2,00	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00	2,00	3,00
C-CA-AF-002 Resistencia mecánica	3,00	3,00	1,00	1,00	3,00	1,00	1,00	2,00	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00	2,00	3,00
C-CA-AF-003 Resistencia a ciclos de humectación/secado	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C-CA-AF-004 Resistencia a la erosión	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C-CA-AF-005 Absorción de agua por capilaridad	3,00	3,00	1,00	1,00	3,00	1,00	1,00	1,00	3,00	3,00	3,00	1,00	1,00	1,00	3,00
C-CA-AF-006 Resistencia a ciclos de hielo/deshielo	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C-CA-AF-007 Propiedades térmicas del producto	3,00	3,00	1,00	1,00	3,00	1,00	1,00	1,00	3,00	3,00	3,00	1,00	1,00	1,00	3,00
C-CA-AF-008 Permeabilidad al vapor de agua	3,00	3,00	1,00	1,00	3,00	1,00	1,00	1,00	3,00	3,00	3,00	1,00	1,00	1,00	3,00
C-CA-AF-009 Adherencia	3,00	3,00	1,00	1,00	3,00	1,00	1,00	1,00	3,00	3,00	3,00	1,00	1,00	1,00	3,00
C-CA-AQ-001 Características de los constituyentes - Estabilizantes y la	3,00	3,00	2,00	2,00	3,00	1,00	1,00	2,00	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00	2,00	3,00
C-CA-AQ-002 El agua como constituyente	1,00	1,00	2,00	2,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,00	1,00	3,00	2,00	2,00	2,00	1,00
C-CA-AQ-003 Reacción al fuego	3,00	3,00	1,00	1,00	3,00	1,00	1,00	1,00	3,00	3,00	3,00	1,00	1,00	1,00	3,00
C-CA-AG-001 Dimensiones y tolerancias	3,00	3,00	2,00	2,00	3,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00	2,00	3,00
C-CA-AG-002 Aspecto	3,00	3,00	2,00	2,00	3,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00	2,00	3,00
	34,00	34,00	18,00	18,00	34,00	16,00	16,00	20,00	34,00	34,00	42,00	20,00	20,00	20,00	34,00
C-RC-S-001.1 Transmisión de las cargas a la cimentación	3,00	3,00	3,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
C-RC-S-001.2 Transmisión al terreno	3,00	3,00	3,00	1,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
C-RC-S-001.3 Capacidad portante	3,00	3,00	3,00	2,00	3,00	3,00	3,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
C-RC-S-001.4 Configuración espacial	3,00	2,00	3,00	3,00	3,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
C-RC-S-001.5 Configuración de los huecos	3,00	3,00	3,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
C-RC-S-002.1 Seguridad en caso de incendios	2,00	2,00	2,00	3,00	2,00	2,00	3,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	2,00	3,00	3,00
C-RC-S-002.2 Estado de las lesiones existentes	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
C-RC-H-001.1 Higiene, salud y protección del medio ambiente.	2,00	2,00	2,00	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	2,00	2,00	3,00	2,00
C-RC-H-001.2 Aislamiento acústico	3,00	3,00	2,00	2,00	3,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	3,00	2,00
C-RC-H-001.3 Comportamiento térmico	3,00	3,00	2,00	2,00	3,00	3,00	2,00	3,00	2,00	3,00	3,00	2,00	3,00	3,00	3,00
	28,00	27,00	26,00	21,00	28,00	26,00	27,00	27,00	27,00	28,00	30,00	28,00	27,00	30,00	28,00
C-AE-F-001.1 Lluvia	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	3,00	3,00	3,00
C-AE-F-001.2 Viento	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00	2,00	3,00	2,00	3,00	3,00	3,00
C-AE-F-001.3 Temperatura	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00	3,00	2,00	2,00	2,00	2,00
C-AE-F-002.1 Perfil del terreno	3,00	2,00	3,00	1,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00
C-AE-F-003.1 Sismo	2,00	2,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	3,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
C-AE-M-001 Uso del espacio	3,00	3,00	3,00	2,00	3,00	3,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	3,00
C-AE-Q-001.1 Vegetación, animales y otros.	3,00	2,00	3,00	1,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00
C-AE-Q-002.1 Ambiente	3,00	3,00	3,00	2,00	3,00	3,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
C-AE-Q-003.1 Humedad del terreno	3,00	2,00	3,00	1,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00
C-AE-Q-003.2 Humedad del ambiente	3,00	3,00	2,00	2,00	3,00	3,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
C-AE-Q-003.3 Radiación solar	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
	31,00	28,00	29,00	21,00	32,00	32,00	29,00	32,00	30,00	30,00	33,00	30,00	32,00	31,00	29,00

	BAR-002	GER-001	GER-002	MAD-001	MAD-002	MAD-003	MAD-004	MAD-005	MAD-006	MAD-007	MAD-008	MAD-009	AL-001
C-CA-AF-001 Densidad	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
C-CA-AF-002 Resistencia mecánica	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
C-CA-AF-003 Resistencia a ciclos de humectación/secado	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	1,00	3,00
C-CA-AF-004 Resistencia a la erosión	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	1,00	3,00
C-CA-AF-005 Absorción de agua por capilaridad	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
C-CA-AF-006 Resistencia a ciclos de hielo/deshielo	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	1,00	3,00
C-CA-AF-007 Propiedades térmicas del producto	3,00	3,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	3,00
C-CA-AF-008 Permeabilidad al vapor de agua	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
C-CA-AF-009 Adherencia	3,00	3,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	3,00
C-CA-AQ-001 Características de los constituyentes - Estabilizantes y la tierra utilizada (materia orgánica y contenido de sulfatos).	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
C-CA-AQ-002 El agua como constituyente	3,00	3,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00
C-CA-AQ-003 Reacción al fuego	3,00	3,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	3,00
C-CA-AG-001 Dimensiones y tolerancias	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
C-CA-AG-002 Aspecto	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
	42,00	42,00	42,00	34,00	34,00	34,00	34,00	34,00	34,00	34,00	34,00	34,00	42,00
C-RC-S-001.1 Transmisión de las cargas a la cimentación	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
C-RC-S-001.2 Transmisión al terreno	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
C-RC-S-001.3 Capacidad portante	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	3,00
C-RC-S-001.4 Configuración espacial	2,00	3,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
C-RC-S-001.5 Configuración de los huecos	3,00	3,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	3,00
C-RC-S-002.1 Seguridad en caso de incendios	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	2,00	3,00	3,00
C-RC-S-002.2 Estado de las lesiones existentes	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
C-RC-H-001.1 Higiene, salud y protección del medio ambiente, Salubridad	2,00	2,00	3,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	2,00	3,00	2,00	3,00
C-RC-H-001.2 Aislamiento acústico	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	2,00	2,00	3,00	3,00
C-RC-H-001.3 Comportamiento térmico	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	3,00	2,00	3,00	3,00	3,00
	28,00	29,00	28,00	28,00	27,00	27,00	27,00	26,00	29,00	27,00	28,00	27,00	30,00
C-AE-F-001.1 Lluvia	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	2,00	3,00	3,00
C-AE-F-001.2 Viento	2,00	2,00	2,00	3,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	2,00	3,00	3,00
C-AE-F-001.3 Temperatura	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
C-AE-F-002.1 Perfil del terreno	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
C-AE-F-003.1 Sismo	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
C-AE-M-001 Uso del espacio	3,00	3,00	3,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
C-AE-Q-001.1 Vegetación, animales y otros.	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	2,00	2,00	3,00	3,00
C-AE-Q-002.1 Ambiente	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
C-AE-Q-003.1 Humedad del terreno	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
C-AE-Q-003.2 Humedad del ambiente	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	2,00	2,00	3,00	3,00
C-AE-Q-003.3 Radiación solar	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
	30,00	30,00	30,00	30,00	28,00	28,00	28,00	28,00	33,00	31,00	29,00	33,00	33,00

GI (GRADOS DE IDONEIDAD)

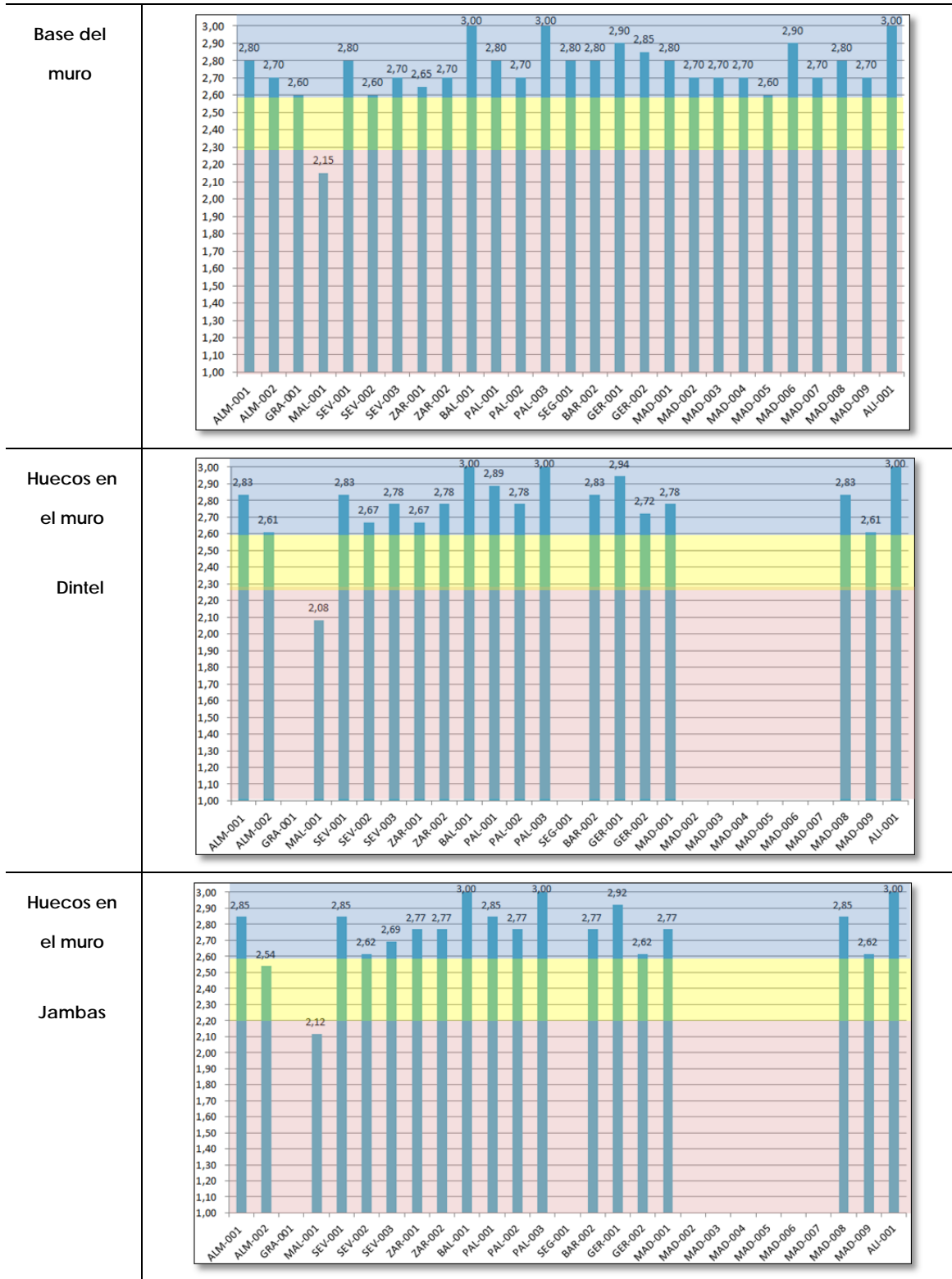
	C-CA Calidad del producto								
	Cimentación	Base del muro	Huecos en el muro - dintel	Huecos en muro - jambas	Huecos en muros - alféizar	Acabados - interior	Acabados - exterior	Instalación de recursos técnicos	Coronación del muro
AIM-001	0,00	2,38	2,65	2,57	2,55	2,45	2,43	2,52	2,58
AIM-002	0,00	2,38	2,65	2,57	2,55	2,45	2,43	2,52	2,58
GRA-001	0,00	1,21	0,00	0,00	0,00	1,23	0,00	1,32	1,32
MAL-001	1,25	1,21	1,30	1,30	1,32	1,23	0,00	1,32	1,32
SEV-001	0,00	2,38	2,65	2,57	2,55	2,45	2,43	2,52	2,58
SEV-002	0,00	1,14	1,22	1,22	1,23	1,09	1,10	1,16	1,16
SEV-003	0,00	1,14	1,22	1,22	1,23	1,09	0,00	1,16	1,16
ZAR-001	0,00	1,41	1,48	1,39	1,41	1,32	1,29	1,52	1,53
ZAR-002	0,00	2,38	2,65	2,57	2,55	2,45	2,43	2,52	2,58
BAL-001	0,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	0,00	3,00	3,00
PAI-001	0,00	1,34	1,48	1,39	1,41	1,32	1,29	1,52	1,53
PAI-002	0,00	1,34	1,48	1,39	1,41	1,32	0,00	1,52	1,53
PAI-003	0,00	1,34	1,48	1,39	1,41	1,32	0,00	1,52	1,53
SFG-001	0,00	2,38	0,00	0,00	0,00	2,45	0,00	2,52	2,58
BAR-001	0,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
BAR-002	0,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
GER-001	0,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	0,00	3,00	3,00
GER-002	0,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
MAD-001	0,00	2,45	2,39	2,39	2,45	2,45	0,00	2,44	2,47
MAD-002	0,00	2,45	0,00	0,00	0,00	2,45	2,43	2,44	2,47
MAD-003	0,00	2,45	0,00	0,00	0,00	2,45	2,43	2,44	2,47
MAD-004	0,00	2,45	0,00	0,00	0,00	2,45	2,43	2,44	2,47
MAD-005	0,00	2,45	0,00	0,00	0,00	0,00	2,43	2,44	2,47
MAD-006	0,00	2,45	0,00	0,00	0,00	0,00	2,43	2,44	2,47
MAD-007	0,00	2,45	0,00	0,00	0,00	2,45	2,43	2,44	2,47
MAD-008	0,00	2,45	2,39	2,39	2,45	2,45	2,43	2,44	2,47
MAD-009	0,00	2,38	2,65	2,57	2,55	2,45	2,43	2,52	2,58
AIH-001	0,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00

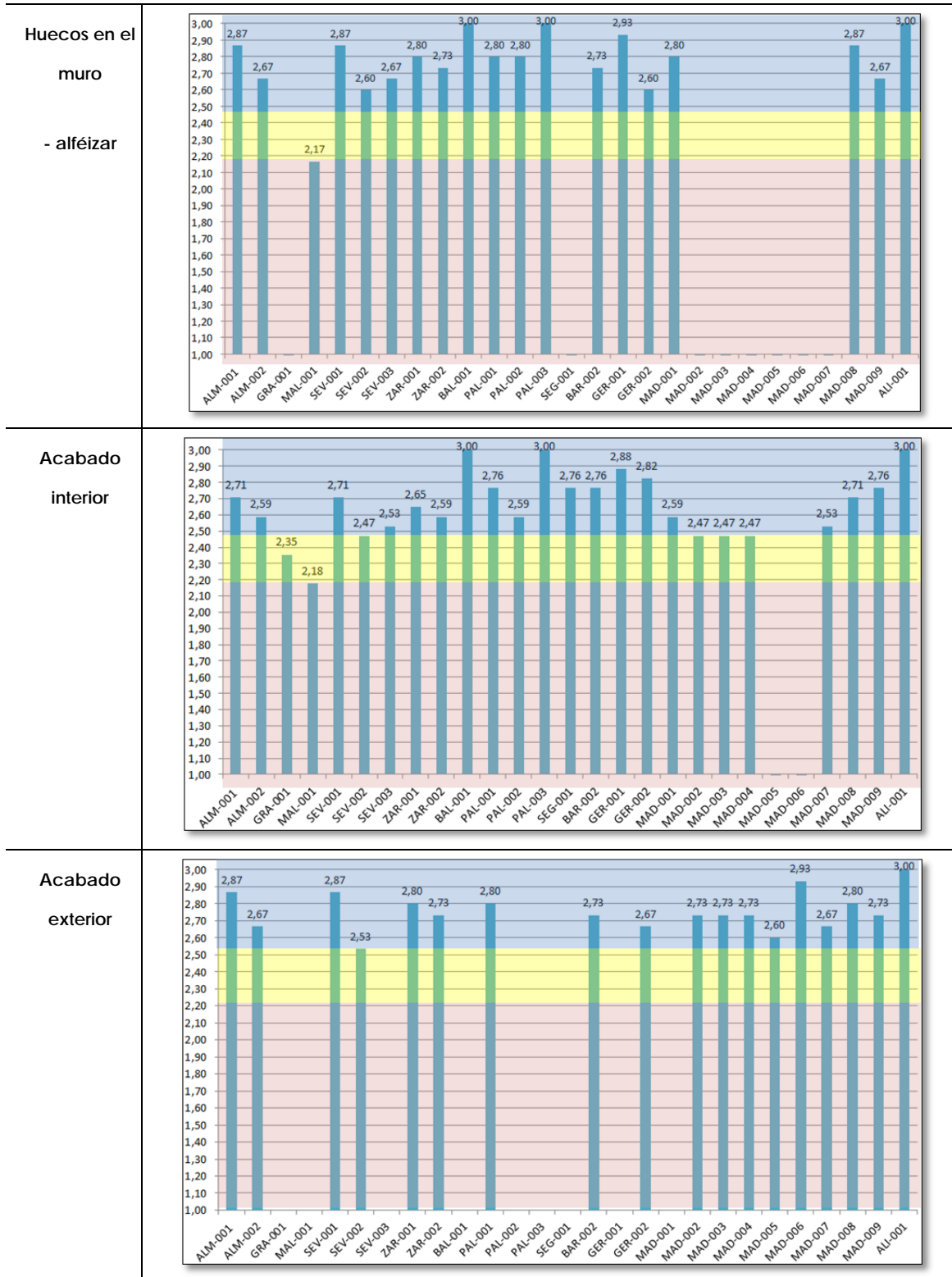
	C-RC Requisitos constructivos								
	Cimentación	Base del muro	Huecos en el muro - dintel	Huecos en muro - jambas	Huecos en muros - alféizar	Acabados - interior	Acabados - exterior	Instalación de recursos técnicos	Coronación del muro
AIM-001	0,00	2,80	2,83	2,85	2,87	2,71	2,87	2,85	2,84
AIM-002	0,00	2,70	2,61	2,54	2,67	2,59	2,67	2,80	2,63
GRA-001	0,00	2,60	0,00	0,00	0,00	2,35	0,00	2,65	2,63
MAL-001	2,00	2,15	2,08	2,12	2,17	2,18	0,00	2,05	2,16
SEV-001	0,00	2,80	2,83	2,85	2,87	2,71	2,87	2,85	2,84
SEV-002	0,00	2,60	2,67	2,62	2,60	2,47	2,53	2,70	2,63
SEV-003	0,00	2,70	2,78	2,69	2,67	2,53	0,00	2,75	2,74
ZAR-001	0,00	2,65	2,67	2,77	2,80	2,65	2,80	2,75	2,68
ZAR-002	0,00	2,70	2,78	2,77	2,73	2,59	2,73	2,75	2,74
BAL-001	0,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	0,00	3,00	3,00
PAI-001	0,00	2,80	2,89	2,85	2,80	2,76	2,80	2,85	2,84
PAI-002	0,00	2,70	2,78	2,77	2,80	2,59	0,00	2,75	2,74
PAI-003	0,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	0,00	3,00	3,00
SFG-001	0,00	2,80	0,00	0,00	0,00	2,76	0,00	2,85	2,84
BAR-001	0,00	2,85	2,72	2,62	2,60	2,82	2,67	2,85	2,84
BAR-002	0,00	2,80	2,83	2,77	2,73	2,76	2,73	2,90	2,84
GER-001	0,00	2,90	2,94	2,92	2,93	2,88	0,00	2,95	2,95
GER-002	0,00	2,85	2,72	2,62	2,60	2,82	2,67	2,85	2,84
MAD-001	0,00	2,80	2,78	2,77	2,80	2,59	0,00	2,85	2,84
MAD-002	0,00	2,70	0,00	0,00	0,00	2,47	2,73	2,75	2,74
MAD-003	0,00	2,70	0,00	0,00	0,00	2,47	2,73	2,75	2,74
MAD-004	0,00	2,70	0,00	0,00	0,00	2,47	2,73	2,75	2,74
MAD-005	0,00	2,60	0,00	0,00	0,00	0,00	2,60	2,65	2,63
MAD-006	0,00	2,90	0,00	0,00	0,00	0,00	2,93	2,90	2,89
MAD-007	0,00	2,70	0,00	0,00	0,00	2,53	2,67	2,75	2,74
MAD-008	0,00	2,80	2,83	2,85	2,87	2,71	2,80	2,80	2,79
MAD-009	0,00	2,70	2,61	2,62	2,67	2,76	2,73	2,75	2,74
AIH-001	0,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00

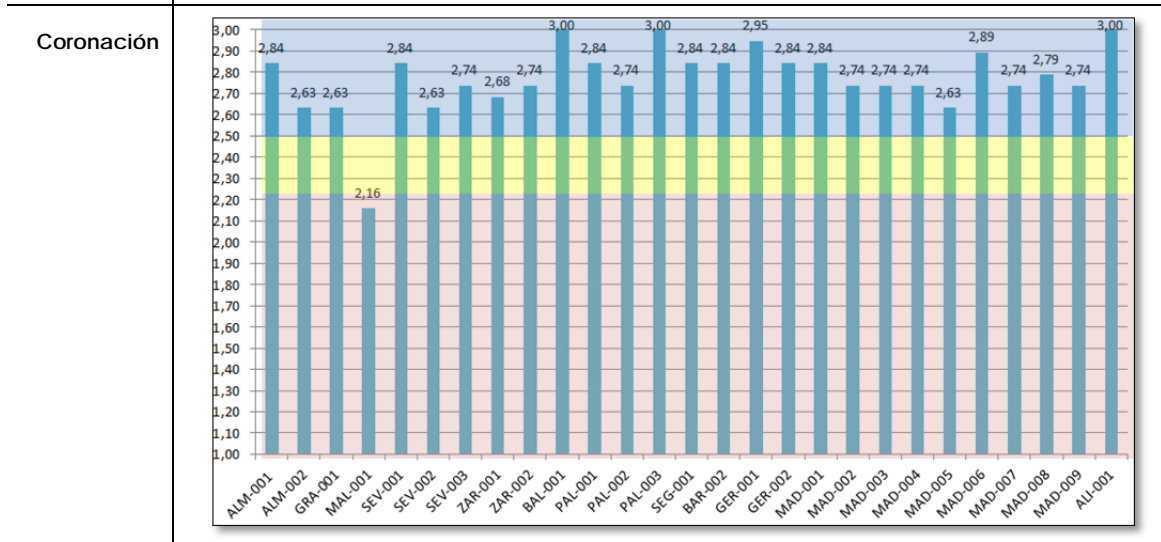
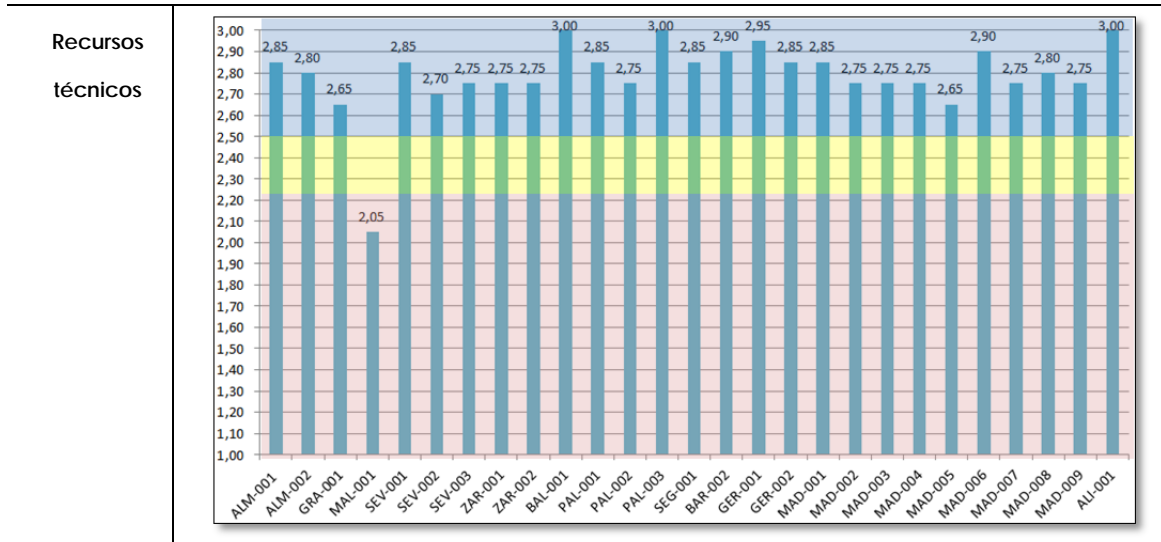
C- AE Acciones externas									
	Cimentación	Base del muro	Huecos en el muro - dintel	Huecos en muro - jambas	Huecos en muros - alféizar	Acabados - interior	Acabados - exterior	Instalación de recursos técnicos	Coronación del muro
AIM-001	0,00	2,86	2,77	2,80	2,80	2,80	2,84	2,77	2,80
AIM-002	0,00	2,48	2,31	2,40	2,60	2,60	2,68	2,46	2,40
GRA-001	0,00	2,62	0,00	0,00	0,00	2,40	0,00	2,54	2,53
MAL-001	1,67	1,86	1,69	1,87	1,87	1,73	0,00	1,77	2,00
SEV-001	0,00	2,90	2,85	2,87	2,87	2,87	2,89	2,85	2,87
SEV-002	0,00	2,90	2,85	2,87	2,87	2,87	2,89	2,85	2,87
SEV-003	0,00	2,62	2,38	2,47	2,47	2,33	0,00	2,62	2,60
ZAR-001	0,00	2,90	2,92	2,93	2,93	2,93	2,84	2,92	2,93
ZAR-002	0,00	2,76	2,69	2,73	2,73	2,73	2,68	2,69	2,73
BAL-001	0,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	0,00	3,00	3,00
PAI-001	0,00	2,48	2,62	2,40	2,40	2,80	2,32	2,62	2,53
PAI-002	0,00	2,90	2,92	2,93	2,93	2,93	0,00	2,92	2,93
PAI-003	0,00	2,81	2,85	2,87	2,87	2,80	0,00	2,85	2,87
SFG-001	0,00	2,57	0,00	0,00	0,00	2,73	0,00	2,62	2,73
BAR-001	0,00	2,62	2,54	2,60	2,60	2,53	2,53	2,62	2,60
BAR-002	0,00	2,71	2,69	2,73	2,73	2,67	2,63	2,69	2,73
GER-001	0,00	2,71	2,69	2,73	2,73	2,67	0,00	2,69	2,73
GER-002	0,00	2,71	2,69	2,73	2,73	2,67	2,63	2,69	2,73
MAD-001	0,00	2,71	2,54	2,60	2,60	2,47	0,00	2,77	2,73
MAD-002	0,00	2,29	0,00	0,00	0,00	2,47	2,16	2,46	2,33
MAD-003	0,00	2,29	0,00	0,00	0,00	2,47	2,16	2,46	2,33
MAD-004	0,00	2,29	0,00	0,00	0,00	2,47	2,16	2,46	2,33
MAD-005	0,00	2,29	0,00	0,00	0,00	0,00	2,16	2,46	2,33
MAD-006	0,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	3,00	3,00
MAD-007	0,00	2,81	0,00	0,00	0,00	2,67	2,84	2,85	2,80
MAD-008	0,00	2,33	2,46	2,27	2,27	2,67	2,21	2,54	2,40
MAD-009	0,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
AIH-001	0,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00

INTERVALOS

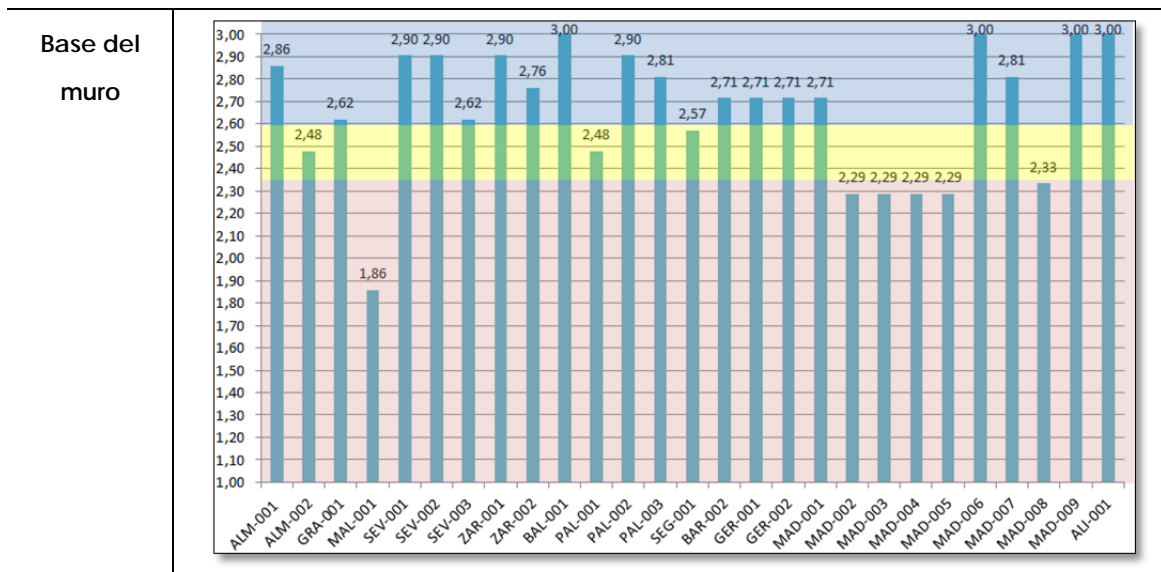
Requisitos constructivos

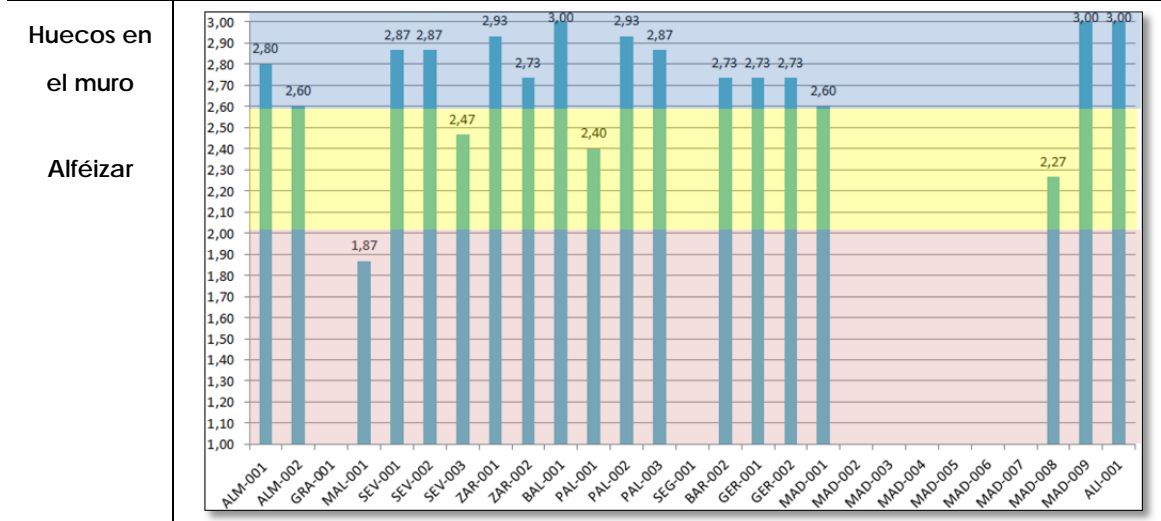
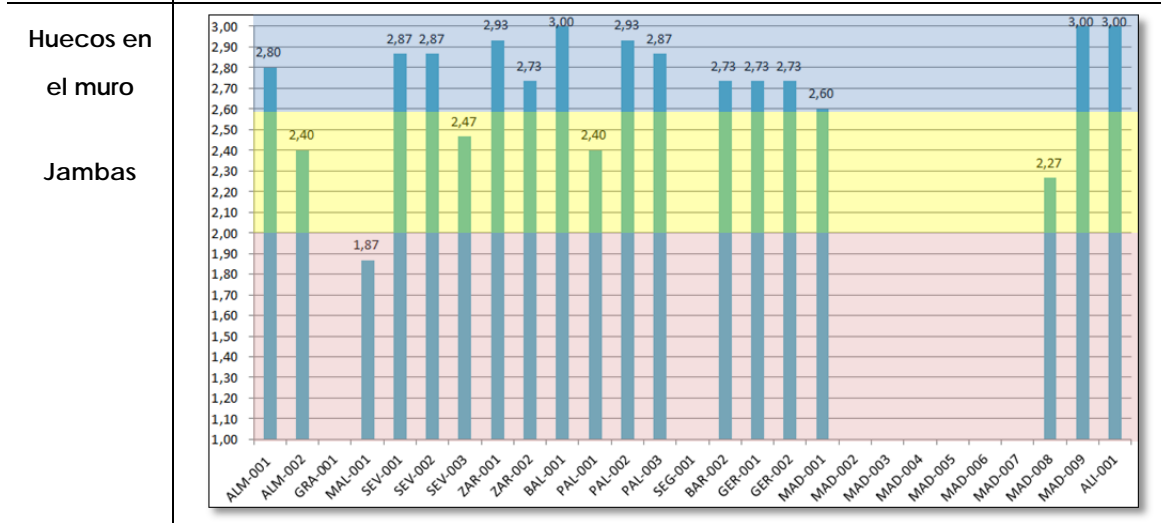
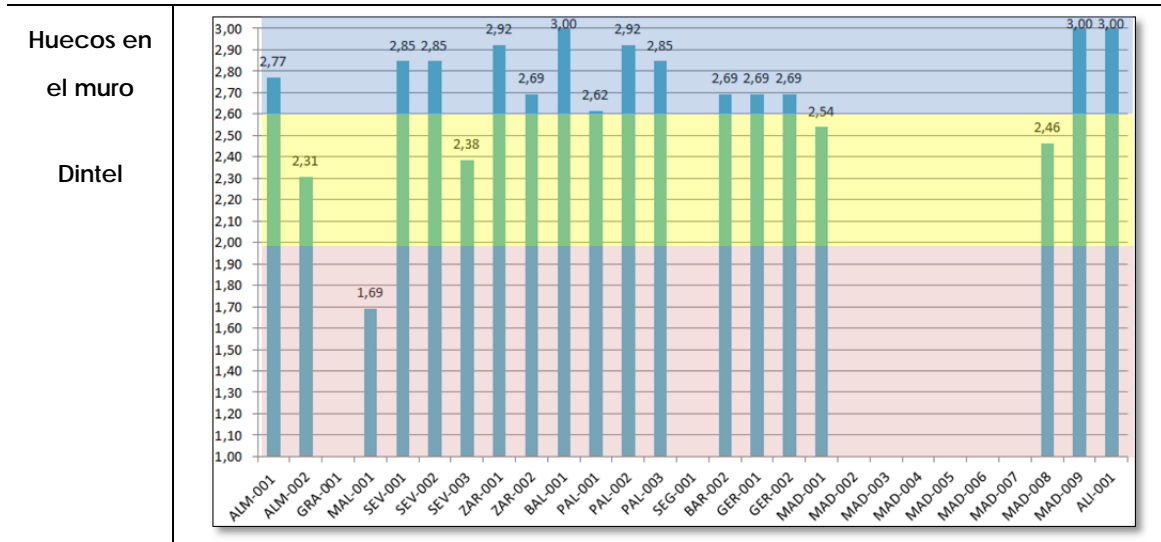


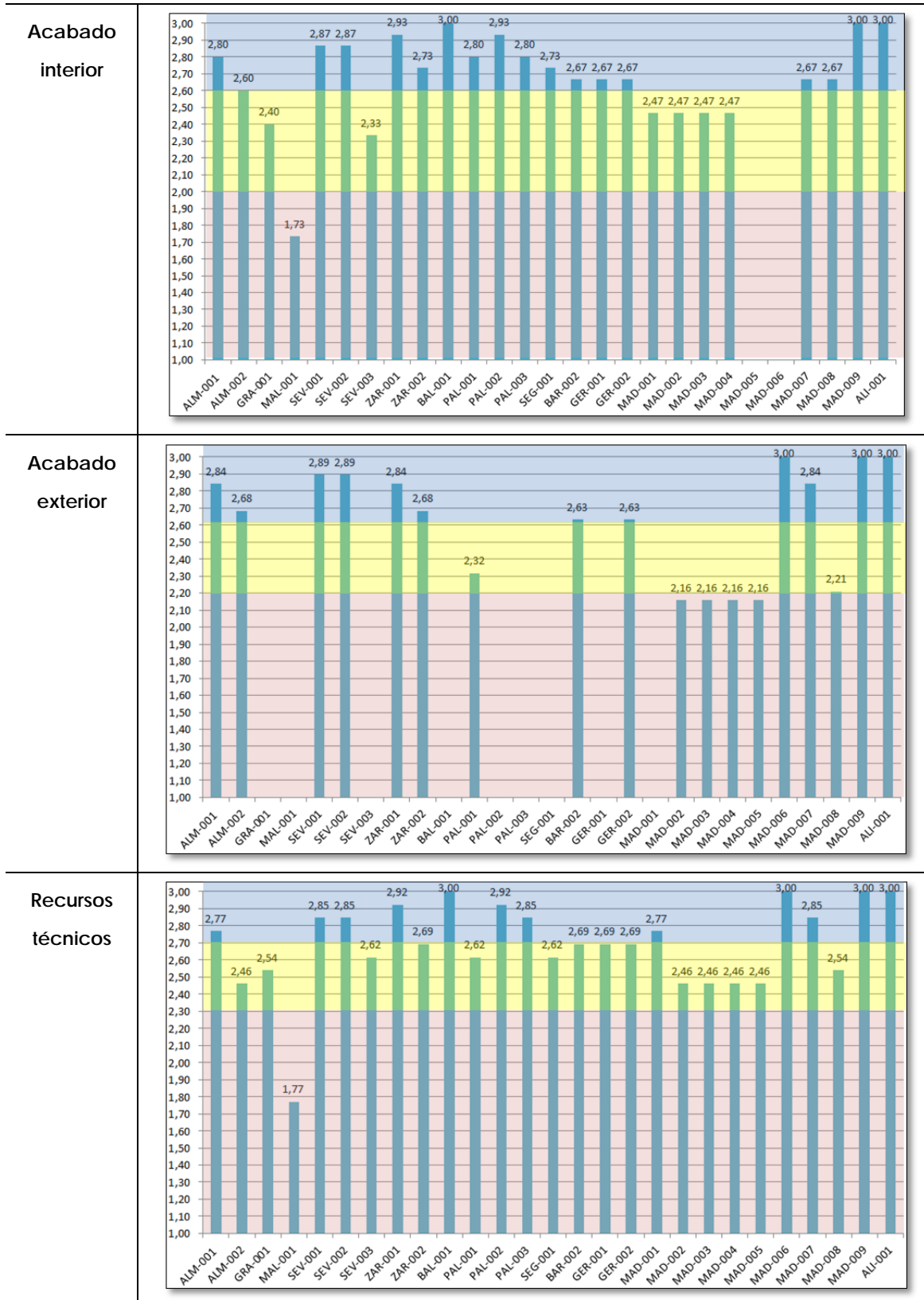


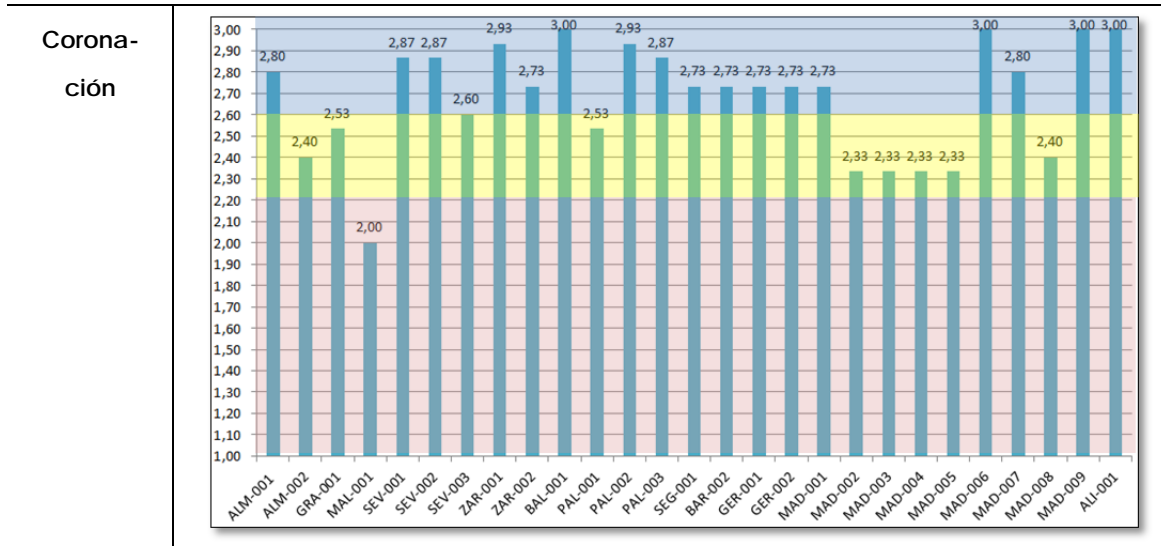


Acciones externas









INTERVALOS DE LAS ACCIONES EXTERNAS

Mínimos

	Cimentación	Base del muro	Huecos			Acabados		Recursos técnicos	Coronación
			Dintel	Jambas	Alféizar	Interior	Exterior		
3	2,7	2,6	2,6	2,6	2,6	2,59	2,59	2,71	2,59
2	2,33	2,11	2	2	1,99	2	2,2	2,3	2,19
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Máximos

	Cimentación	Base del muro	Huecos			Acabados		Recursos técnicos	Coronación
			Dintel	Jambas	Alféizar	Interior	Exterior		
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2	2,69	2,59	2,59	2,59	2,59	2,58	2,58	2,7	2,58
1	2,32	2,1	1,99	1,99	1,98	1,99	2,19	2,29	2,18

1º NIVEL DE ANÁLISIS

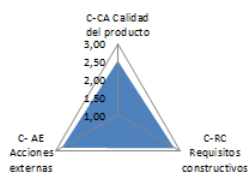
Resultados y áreas

Caso de estudio	C-CA Calidad del producto	C-RC Requisitos constructivos	C- AE Acciones externas	Resultado	Área
BAL-001	3,00	3,00	3,00	3	3,90
ALI-001	3,00	3,00	3,00	3	3,90
GER-001	3,00	2,93	2,71	3	3,57
BAR-002	3,00	2,80	2,70	3	3,45
GER-002	3,00	2,75	2,70	3	3,41
MAD-006	2,45	2,91	3,00	3	3,29
SEG-001	2,70	2,81	2,66	3	3,21
SEV-001	2,52	2,83	2,87	3	3,21
MAD-009	2,52	2,70	3,00	3	3,19
ALM-001	2,52	2,83	2,80	3	3,17
HUE-001	2,52	2,83	2,72	3	3,11
ZAR-002	2,52	2,72	2,72	3	3,04
MAD-007	2,45	2,68	2,79	3	2,99
MAD-001	2,44	2,78	2,63	3	2,93
MAD-008	2,44	2,81	2,39	1	2,76
MAD-002	2,45	2,68	2,34	1	2,66
MAD-003	2,45	2,68	2,34	1	2,66
MAD-004	2,45	2,68	2,34	1	2,66
ALM-002	2,52	2,40	2,49	1	2,64
MAD-005	2,45	2,62	2,31	1	2,60
PAL-003	1,43	3,00	2,84	1	2,01
PAL-002	1,43	2,73	2,93	1	1,93
ZAR-001	1,42	2,72	2,92	1	1,92
PAL-001	1,41	2,82	2,52	1	1,77
GRA-001	1,27	2,56	2,52	1	1,56
SEV-002	1,16	2,60	2,87	1	1,51
SEV-003	1,17	2,69	2,50	1	1,46
MAL-001	1,28	2,11	1,81	1	1,15

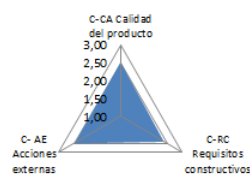
Gráficas triangulares

Andalucía

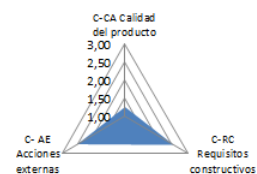
ALM-001



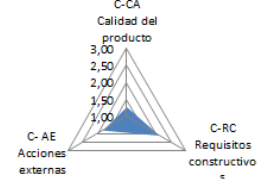
ALM-002



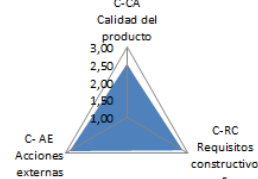
GRA-001



MAL-001

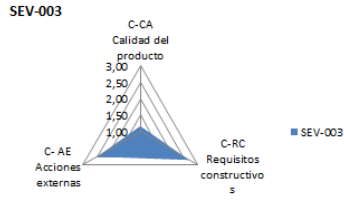


SEV-001

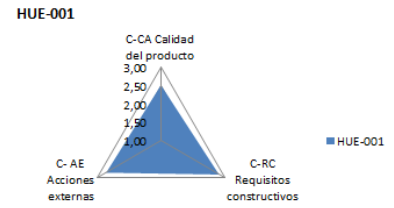
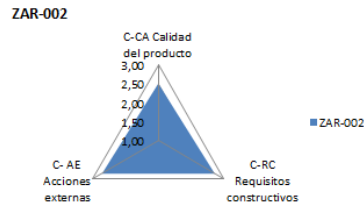
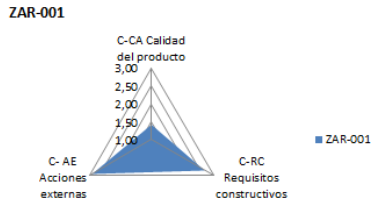


SEV-002

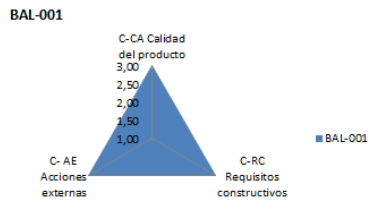




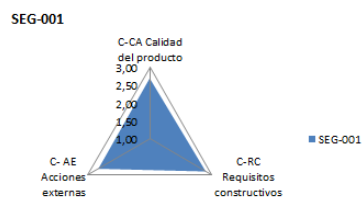
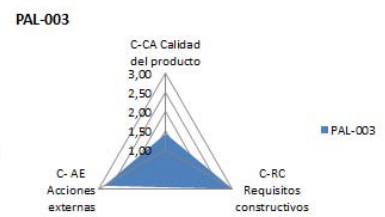
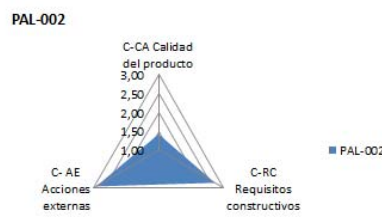
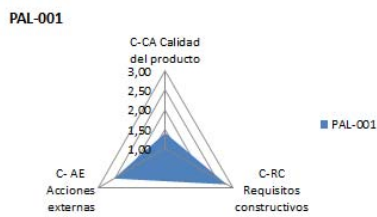
Aragón



Baleares



Castilla y León



Cataluña

BAR-002



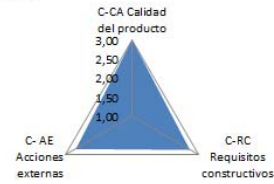
■ BAR-002

GER-001



■ GER-001

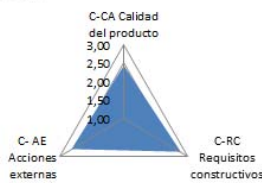
GER-002



■ GER-002

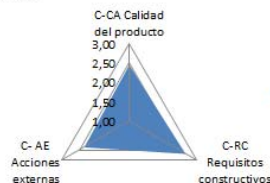
Madrid

MAD-001



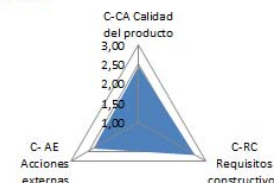
■ MAD-001

MAD-002



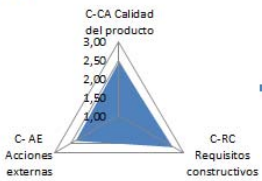
■ MAD-002

MAD-003



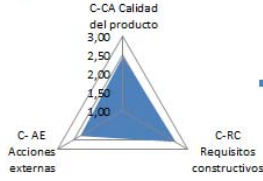
■ MAD-003

MAD-004



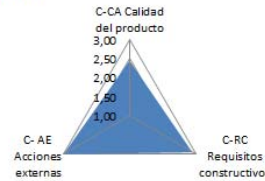
■ MAD-004

MAD-005



■ MAD-005

MAD-006



■ MAD-006

MAD-007



■ MAD-007

MAD-008



■ MAD-008

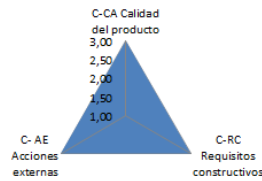
MAD-009



■ MAD-009

Comunidad Valenciana

ALI-001



■ AU-001

2º NIVEL DE ANÁLISIS

Calidad del Producto - Exigencias

Indicadores	Exigencia	ALM-001	ALM-002	GRA-001	MAL-001	SEV-001	SEV-002	SEV-003	ZAR-001	ZAR-002	HUE-001	BAL-001	PAL-001	PAL-002
C-CA-AF-001 Densidad	Exigencias acústicas.	3	3	1	1	3	3	1	3	3	3	3	3	3
C-CA-AF-002 Resistencia mecánica	Requisitos estructurales	3	3	3	1	3	1	3	1	3	3	3	1	1
C-CA-AF-003 Resistencia a ciclos de humectación/secado	Exposición severa	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
C-CA-AF-004 Resistencia a la erosión	Exposición severa	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
C-CA-AF-005 Absorción de agua por capilaridad	Exteriores con cara vista	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
C-CA-AF-006 Resistencia a ciclos de hielo/deshielo	Si está revestido no hace falta que se haga	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
C-CA-AF-007 Propiedades térmicas del producto	Exigencias térmicas	3	3	1	1	3	3	1	1	3	3	3	1	1
C-CA-AF-008 Pemeabilidad al vapor de agua	Paramentos exteriores	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
C-CA-AF-009 Adherencia	Requisitos estructurales	3	3	3	1	3	1	3	1	3	3	3	1	1
C-CA-AQ-001 Características de los constituyentes - Estabilizantes	Presencia de microorganismos	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3	1	1
C-CA-AQ-002 El agua como constituyente	En caso de falta de datos, será necesario analizar el mortero	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
C-CA-AQ-003 Reacción al fuego	Requisitos de resistencia al fuego	3	3	1	1	3	1	1	1	3	3	3	1	1

Indicadores	Exigencia	PAL-003	SEG-001	BAR-002	GER-001	GER-002	MAD-001	MAD-002	MAD-003	MAD-004	MAD-005	MAD-006	MAD-007	MAD-008	MAD-009	ALI-001
C-CA-AF-001 Densidad	Exigencias acústicas.	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
C-CA-AF-002 Resistencia mecánica	Requisitos estructurales	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
C-CA-AF-003 Resistencia a ciclos de humectación/secado	Exposición severa	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
C-CA-AF-004 Resistencia a la erosión	Exposición severa	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
C-CA-AF-005 Absorción de agua por capilaridad	Exteriores con cara vista	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
C-CA-AF-006 Resistencia a ciclos de hielo/deshielo	Si está revestido no hace falta que se haga	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
C-CA-AF-007 Propiedades térmicas del producto	Exigencias térmicas	1	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	3	3
C-CA-AF-008 Pemeabilidad al vapor de agua	Paramentos exteriores	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
C-CA-AF-009 Adherencia	Requisitos estructurales	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
C-CA-AQ-001 Características de los constituyentes - Estabilizantes	Presencia de microorganismos	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
C-CA-AQ-002 El agua como constituyente	En caso de falta de datos, será necesario analizar el mortero	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
C-CA-AQ-003 Reacción al fuego	Requisitos de resistencia al fuego	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

P PRODUCTOS Y MARCAS CON DECLARACIONES AMBIENTALES

Producto	Marca	Tipo de declaración según ISO 14025	Observaciones
Pinturas	Keim (Ecopaint Ibérica)	Institut Bauen und Umwelt e.V. de Alemania.	
Pinturas	Ecopinttors	Etiqueta Ecolabel y otras.	
Aislamientos	Schneider	Natureplus PEFC	
Aislamientos	Knauf insulation	DAPc AENOR y otras.	Lana mineral natural
Aislamientos / Impermeabilización	Danosa	EPD Platform	XPS Danopren Membranas impermeabilizantes
Imprimación	Basf CCE	Institut Bauen und Umwelt e.V. de Alemania.	
Estanqueidad y medios de unión	Biohaus – Proclima		