

# ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LA CONSTRUCCIÓN CON BALAS DE PAJA.

COMPARACIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL CUT CON LA CONSTRUCCION CONVENCIONAL DE H.A.

---

11 de julio de 2014

**AUTORA: IRENE ROMANS TORRES**

**TUTORA: MILAGRO IBORRA LUCAS** – Departamento de Construcciones Arquitectónica

**COTUTOR: ALEJANDRO LÓPEZ ALTUNA**

## RESUMEN

El impacto ambiental y el ahorro energético son dos puntos que cada día preocupan más a nuestra sociedad y el campo de la construcción es uno de los que más alarman, ya que de él se derivan gran parte de las emisiones de gases de efecto invernadero y un importante consumo energético también.

De aquí parte el creciente interés por los materiales de construcción sostenibles, que además permitan la construcción de edificaciones más eficientes energéticamente.

El presente trabajo final de grado se ha basado en el estudio de los sistemas constructivos de uno de estos materiales sustentables, la bala de paja.

Empezando por un estudio teórico de la situación actual de la construcción con balas de paja y su historia, así como su desarrollo internacional y nacional dentro del marco normativo, siguiendo con una explicación general de los principales sistemas constructivos desarrollados.

El trabajo, después de la vista más general de este tipo de construcción, se centrará en la comparación de uno de los sistemas constructivos principales dentro del mundo de la construcción con paja, el denominado Cells Under Tension (CUT) y la construcción convencional de estructura de hormigón armado.

Con esta comparación se pretende mostrar las características de este sistema constructivo en los aspectos de eficiencia energética, economía, comportamiento físico y sus consideraciones a la hora de llevar la bala de paja a la obra, teniendo como referencia de comparación un modelo constructivo altamente empleado, reglado y estandarizado como es el del hormigón armado.

## PALABRAS CLAVE

Balas de paja, Cells Under Tension, construcción, sostenibilidad, eficiencia energética.

## ABSTRACT

The environmental impact and the energy-saving techniques are two points which affect our society each day more. The construction field is one of the most important factors, considering it produces a big part of greenhouse gas emissions and causes high energy consumption.

From this point starts the growing interest for the sustainable building materials which also allow the construction of energy-efficient buildings.

The current final degree work is based on the study of the construction systems of one of these sustainable materials, the straw.

Starting with the theoretical study of the current situation of straw-bale construction and its history through international and national development in the regulatory framework up to a general explanation of the most important construction systems already developed.

After the general view of this kind of construction, the work will focus on comparing one of the principal construction systems within the straw bale construction world, the Cells Under Tension method (CUT), to conventional concrete and steel structure systems.

The intended purpose of comparing these two systems is to illustrate the main features of this construction method concerning energy efficiency, economy, physical performance and the considerations to take into account when the straw bale would be in the building process, utilizing a frequently used and regulated, standardized constructive model as a reference as is done with the construction with concrete and steel.

## KEY WORDS

Straw Bales, Cells Under Tension, construction, sustainability, energy efficiency.

## AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer a la cooperativa Okambuva y en especial a Alejandro López, Joan Romero y Pablo Monzó por la inagotable fuente de ayuda e información que me han proporcionado y el poder haber tenido la oportunidad de aprender tantas cosas y haber descubierto todo un mundo.

También a Cristina Merario y Max Plöchl por su ayuda y apoyo.



## ACRÓNIMOS UTILIZADOS

CTE: Código Técnico de la Edificación

CUT: Cells Under Tension – Células Bajo Tensión

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN. ....	8
• OBJETIVOS. ....	8
• INTRODUCCIÓN. ....	9
2. HISTORIA DE LA CONSTRUCCIÓN CON BALAS DE PAJA Y CONTEXTUALIZACIÓN EN LA SITUACIÓN ACTUAL. ....	12
3. LA CONSTRUCCIÓN DE BALAS DE PAJA Y SU INCORPORACIÓN A LAS NORMATIVAS INTERNACIONALES. ....	17
3.1 INCORPORACIÓN PROGRESIVA A DIFERENTES NORMAS DE CONSTRUCCIÓN Y SITUACIÓN NORMATIVA EN ESPAÑA. ....	17
3.2 ENSAYOS, PRUEBAS Y HOMOLOGACIONES. ....	20
4. MATERIALES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN CON BALAS DE PAJA Y SUS CARACTERÍSTICAS Y EXIGENCIAS. ....	35
4.1 MADERA. ....	35
4.2 PAJA. ....	37
• CASO PARTICULAR DEL RECURSO DE LA PAJA EN NUESTRO ENTORNO PRÓXIMO.....	44
4.3 REVOCOS. ....	47
• ARCILLA. ....	49
• CAL.....	51

## 5. TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS DE CONSTRUCCIONES CON FARDOS

DE PAJA. ....	58
5.1 BALAS DE PAJA COMO ELEMENTO ESTRUCTURAL (TIPO NEBRASKA). ....	58
5.2 SISTEMA DE POSTES Y VIGAS. ....	67
5.3 TÉCNICA GREB. ....	71
5.4 TÉCNICAS MODULARES (PREFABRICADOS). ....	76
5.5 WRAPPING. ....	80
5.6 TÉCNICA CUT. ....	81
5.7 CONSIDERACIONES EN CUANTO A INSTALACIONES. ....	86

## 6. ESTUDIO COMPARATIVO DE UNA VIVIENDA CONSTRUIDA DE

### MANERA CONVENCIONAL CON ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO

Y OTRA CONSTRUIDA CON BALAS DE PAJA (SISTEMA CUT). ....	89
6.1 CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES Y DE DISEÑO DE LA CONSTRUCCIÓN CON BALAS DE PAJA COMPARADAS CON LA CONSTRUCCIÓN CONVENCIONAL. .	103
6.2 CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS Y COMPORTAMIENTO HIGROTÉRMICO DE LA CONSTRUCCIÓN CON BALAS DE PAJA COMPRADAS CON LA CONSTRUCCIÓN CONVENCIONAL. ...	106
6.3 VIABILIDAD DE RECURSOS DE LA CONSTRUCCIÓN CON BALAS DE PAJA COMPRADAS CON LA CONSTRUCCIÓN CONVENCIONAL. ....	108
6.4 COMPORTAMIENTO EN CUANTO A EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LOS DOS SUPUESTOS DE EDIFICACIÓN. ....	111
6.5 COMPARACIÓN ECONÓMICA DE LOS DOS SUPUESTOS DE EDIFICACIÓN. ....	113

7. CONSIDERACIONES ESPECÍFICAS EN EL ÁMBITO DE LA SEGURIDAD Y SALUD EN LA CONSTRUCCIÓN CON BALAS DE PAJA. ....	115
8. CONCLUSIÓN. ....	120
9. BIBLIOGRAFÍA. ....	123
9.1. LIBROS Y ARTÍCULOS DE CONSULTA. ....	123
9.2. PÁGINAS WEB VISITADAS. ....	126
9.3. ÍNDICE DE IMÁGENES DEL TRABAJO. ....	129
10. ANEXOS. ....	136
10.1. PLANOS DE PLANTAS	
10.2 PLANOS DE DETALLES	
10.3 PRESUPUESTO DE SUPUESTO CON SISTEMA CONVENCIONAL	
10.4 PRESUPUESTO DE SUPUESTO CON SISTEMA CUT	
10.5 CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DE SUPUESTO CON SISTEMA CONVENCIONAL	
10.6 CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DE SUPUESTO CON SISTEMA CUT	

## 1. INTRODUCCIÓN:

- **Objetivos:**

En el trabajo de fin de grado que aquí se desarrolla se pretende a modo general, hacer una recopilación de aspectos básicos de la construcción con balas de paja, desde su situación actual en el marco de normativas internacionales y nacionales a sus características constructivas, pasando por un desglose de materiales y técnicas empleadas. Finalizando el mismo con una comparación de la construcción con balas de paja con la construcción convencional con estructura de hormigón armado.

Es de mi interés, como objetivo más específico adentrarme en el estudio del sistema CUT , por su forma de trabajo estructural conjunta entre la madera y la paja, que no se aleja tanto de las consideraciones específicas que determina el código técnico de la construcción, pero en este caso compararlo con la construcción convencional con la intención de comprobar su adaptabilidad a la situación actual constructiva y las características diferentes que aporta, desde su puesta en obra a su funcionamiento .Tratándose además sus características económicas comparadas con las construcciones convencionales de hormigón armado, junto con otras consideraciones de ahorro energético, confort higrotérmico, posibilidades estructurales y viabilidad de recursos.

Para la realización de este trabajo me puse en contacto con una cooperativa relacionada con el sector, que me introdujo en el mundo de la construcción con balas de paja.

Con el interés de adentrarme en el mundo de la construcción con balas de paja me puse en contacto con una empresa, cooperativa, relacionada con el sector de la construcción con balas de paja, que me ha aportado la parte experimental que se expone a lo largo del presente trabajo. Además he participado en cursos, jornadas y talleres relacionados con la construcción en paja que han sido una gran fuente de información y recursos, que han complementado el material más teórico que he obtenido a lo largo de la búsqueda bibliográfica, resultando finalmente todo ello muy interesante y enriquecedor.

- **Introducción:**

En los últimos años se ha generalizado la preocupación sobre el consumo de energía y la emisión de gases de efecto invernadero y su repercusión en el medio ambiente.

El ahorro energético a día de hoy es un punto clave y básico en el mundo de la arquitectura, el diseño y la construcción. Las nuevas leyes y exigencias de certificación energética son una muestra de dicha preocupación.

Una casa construida de manera adecuada utilizando materiales adecuados debería precisar de muy poca energía para ser un espacio habitable y confortable.

Pero hay más factores alrededor de las edificaciones, más allá del consumo energético derivado de su uso, la producción de desechos difíciles e incluso imposibles de reciclar durante su construcción o la energía necesaria para producir esos materiales. Durante la ejecución de una obra se producen toneladas de residuos y se transportan otras tantas toneladas de materiales con su consiguiente uso de carburantes y producción de CO<sub>2</sub>.

Según un artículo respaldado por el Instituto de Tecnología de la Construcción de Catalunya (ITeC), son necesarias más de dos toneladas de materias primas por cada m<sup>2</sup> construido de manera convencional, la energía necesaria para la fabricación de los materiales empleados en la construcción de una vivienda, resulta más o menos un tercio del consumo energético que lleva a cabo una familia durante un periodo de cincuenta años, y la producción de residuos de construcción y demolición es superior a una tonelada anual por cada habitante.

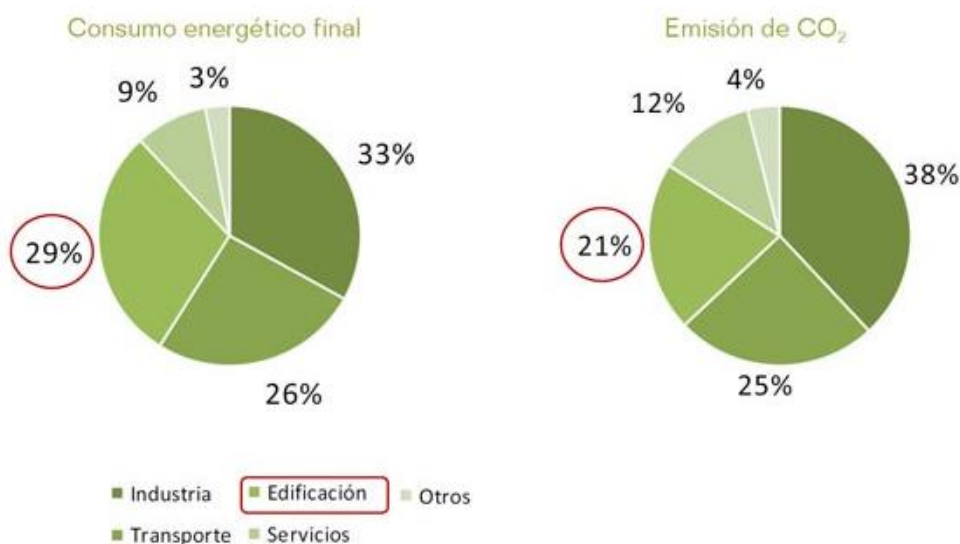


Fig.1 Análisis del consumo energético final y de las emisiones de CO<sub>2</sub> por campo de actividad durante el año 2007. (IEA., 2008, p. 17)



Hoy en día se utilizan en la construcción más de ochocientos mil millones de toneladas de materiales no renovables, que después de su vida útil pasarán a ser un problema residual.

Esto da una importancia mayor al impacto producido por la construcción en sí de las edificaciones, situando el hecho como mínimo al mismo nivel que el consumo energético de la vivienda derivado de su uso.

Teniendo en mente estos datos, surge la búsqueda de otras maneras de construir más sostenibles, que tengan un menor impacto en el medio ambiente y que den nuevas características de ahorro energético y habitabilidad a las construcciones.

En este contexto, como alternativa e incluso complementación a la construcción convencional, nace el concepto de bioconstrucción, que plantea una serie de técnicas constructivas que generan un impacto mínimo en el medio ambiente y dan lugar a edificaciones naturales y saludables, entre todo el abanico de posibilidades, desde el superadobe a las construcciones con caña y el cob, entre otros, este trabajo de fin de grado pretende centrarse en el análisis y la comparación de la construcción con balas de paja.



Fig.2 - Superadobe – casa antakarana (casa y burro.com)



Fig. 3 estructura de caña – casadepaja.es



Fig. 4 casa cob Naturalhomes 2012 www.goathings.co.uk



Fig. 5 casa de paja del arquitecto Tom Hahn – ebsteam.com.au

Su progresivo desarrollo, las últimas investigaciones realizadas sobre ellas, la incorporación de la paja en algunos códigos de construcción, así como el creciente número de este tipo de construcciones realizadas responde a las anteriores preocupaciones y al hecho de que den una alternativa constructiva, posible, sostenible y saludable.

A primera vista y sobre todo en España, parece que aún en muchos ámbitos la alternativa de construcción con balas de paja se muestra poco factible e incluso desconocida, lejos de los marcos normativos aparece como una opción aún apartada de la realidad constructiva.

Pero lejos de esa visión, entrando más en profundidad en la búsqueda de alternativas constructivas, se ha escrito e investigado mucho sobre la construcción con paja, si bien cabe decir que la mayor parte de bibliografía, sobretodo la más antigua que se puede encontrar es en lengua inglesa, también existen muchas publicaciones en castellano.

El creciente número de construcciones de paja alrededor del mundo demuestran la realidad de este método constructivo y la existencia de casas de paja de más de cien años en perfectas condiciones dan una sólida base respecto a la durabilidad de las balas de paja como material para la construcción.

La construcción con balas de paja es una realidad, las casas de paja son altamente aislantes por lo que tienen una respuesta fantástica en el ámbito del ahorro energético que afectan a las nuevas construcciones. Sus posibilidades espaciales y constructivas son también muy amplias y los materiales necesarios para llevarlas a cabo resultan mucho más baratos y claramente mucho más sostenibles, además de sanos para las personas. Se emplea como material básico de construcción un abundante residuo del cultivo como es la paja, siendo además de un material de construcción sano, una manera barata y ecológica de dar salida a este residuo que provoca tantos problemas en su manera de procesarlo por su abundancia.

## 2. HISTORIA DE LA CONSTRUCCIÓN CON BALAS DE PAJA Y CONTEXTUALIZACIÓN EN LA SITUACIÓN ACTUAL.

La utilización de la paja y el barro como materiales de construcción se remonta a siglos atrás, en la antigua Mesopotamia ya se construía con una mezcla de barro y paja, y a lo largo de la historia se siguieron utilizando dichos materiales aplicados a la construcción con distintas técnicas según la época, recursos y localización.

Así pues, aún hoy en día siguen en pie algunas casas de barro y paja con más de 500 años que nos demuestran de alguna manera la durabilidad de estos materiales.

Estos materiales han estado siempre presentes en el entorno, su proximidad a la población, así como su fácil obtención han permitido la construcción de edificaciones a lo largo de los siglos en la mayoría de los rincones del planeta.

Por otro lado, aunque la utilización de la paja y el barro para la construcción es muy antigua la construcción con balas de paja, objeto de estudio de este trabajo, es relativamente joven. Teniendo origen en la industrialización de la recogida de cereales en el campo.

La llegada a los campos de cultivo de las máquinas embaladoras de paja tuvo lugar en 1850 en Estados Unidos.

La construcción con balas de paja surgió en Nebraska, después de las cosechas los agricultores recogían la paja con las nuevas máquinas obteniendo “bloques” rectangulares relativamente compactos, bajo esta forma el almacenamiento y transporte de la paja restante resultaba mucho más cómodo.

Principalmente debido a que los colonos no tenían a su alcance suficientes cantidades de piedra o madera, materiales con los que convencionalmente construían las casas, estos bloques de paja aparecieron como una alternativa abundante, esto, sumado a las características modulares, la fácil y rápida colocación y la estabilidad de las balas de paja, hicieron que los colonos de Nebraska empezaran a utilizar dichas balas de paja, residuo de las cosechas como material de construcción para construir en un principio cobijos para resguardar a los animales del frío invierno y las condiciones climáticas adversas de Nebraska y viendo su aplicación para la construcción de establos se empezaron a construir casas provisionales para las familias mientras esperaban a la llegada de los materiales de construcción.



Fig.6 Imagen de la casa de paja de la familia Simonton, Purdum, Nebraska (1908)

[www.prairiefirenewspaper.com](http://www.prairiefirenewspaper.com)

Se adoptaron las balas de paja como solución provisional a una necesidad inminente, la de construir casas habitables de forma rápida y sencilla.

Luego empezaron a ver que estas casas provisionales les proporcionaban una serie de mejoras respecto a las casas que construían, de modo que lo que en un principio se planteó como una solución provisional acabó siendo un nuevo modelo de construcción que resultaba mucho más asequible, dado que la facilidad de obtención de materiales del entorno permitió la construcción rápida y duradera de edificaciones en un momento de dificultad socio económica.

Estas primeras edificaciones de balas de paja se construyeron mediante la utilización de las balas de paja para la formación de muros portantes, dónde las balas de paja son el elemento estructural encargado de mantener en pie la estructura. Debido a estos inicios, dicha técnica recibe el nombre de Nebraska, dónde se utilizó por primera vez.



Fig.7 Imagen de la iglesia Pilgrim Holliness en Arthur, Nebraska (1928)

[www.buildipedia.com](http://www.buildipedia.com)



Poco después los mismos colonos se dieron cuenta de que estas edificaciones lejos del uso provisional al que las habían destinado aportaban nuevas características a las construcciones que las hacían muy adecuadas a la climatología adversa del lugar. Sus anchos muros de paja aislaban el interior de la casa proporcionando una temperatura agradable con muy poco que se calentaran. A lo largo de los años se dieron cuenta de sus capacidades sismorresistentes, del control de la humedad del ambiente interior de las casas debido a su transpirabilidad, además de sus cualidades térmicas.

Poco a poco esta metodología de construcción llegó al Reino Unido, país europeo en el que se extendió mayormente la construcción con balas de paja, seguido de Francia, Holanda, Alemania...

Durante ese periodo de expansión, sobre los años veinte se publicó incluso en una revista de ciencia popular “La ciencia et la vie”, un número que trataba la construcción con balas de paja enumerando las bondades de las mismas como casas *Frescas en verano y cálidas en invierno, las casas de paja son sobretodo económicas.*

En este momento, después de la primera guerra mundial, el arquitecto Feuillette vio en la construcción con paja una solución al problema que había dejado la guerra con tantos damnificados y la necesidad de construir viviendas con bajo coste, de manera rápida y que cubrieran las necesidades de las familias.

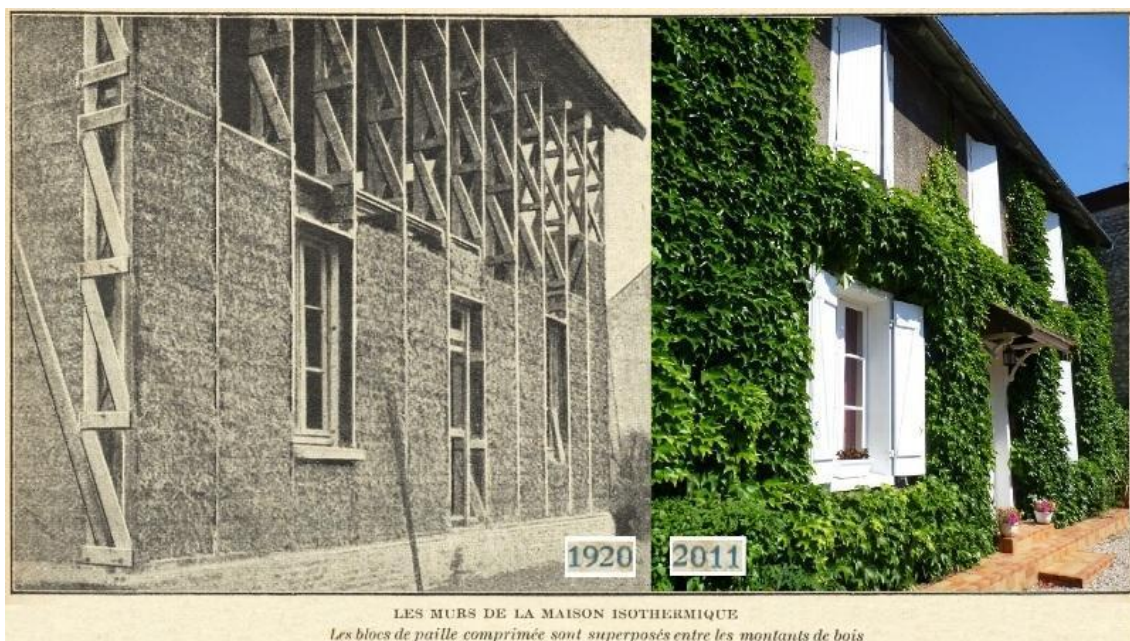


Fig.8 Fotografías de la Maison Feuillette, comparando una imagen de 1920 y otra de 2011;  
Fuente: Fondation du patrimoine.

Estas técnicas constructivas ligadas a las balas de paja permitían ahorrar en materiales y necesitaban más mano de obra, punto interesante a nivel social, que permitía dotar de más puestos de trabajo sin influir en un incremento del coste de las viviendas.

De la misma época se conserva un edificio emblemático en cuando a la construcción con balas de paja, la situada en Montargis, Francia. Actualmente la Asociación francesa de la construcción con paja la ha adquirido, pensando instaurar su sede en ella, constatando que después de sus más de noventa años sigue en uso y en buenas condiciones.

Pero pese a todas las cualidades interesantes de las balas de paja como material de construcción, la generalización del acero y el hormigón como elementos de construcción fueron dejando atrás a la paja, aparcándola prácticamente en el olvido.

Fue en los años setenta cuando nuevamente se empezó a recuperar la técnica, Roger Welsch publicó su libro “Cobijos” abriendo de nuevo una ventana a la construcción con balas de paja, siendo un punto de partida para un redescubrimiento de la técnica.

Se empezó a experimentar de nuevo con el material en Estados Unidos, ya que en la década de los noventa supuso una vía de salida a las balas de paja que se acumulaban en grandes cantidades después de que fuera prohibida su quema por los grandes problemas derivados de ella.

Desde los años noventa, la publicación de libros, la creación de asociaciones defensoras de la construcción con paja hizo que poco a poco se fuera extendiendo nuevamente.



Fig.9

Combinadas con la construcción y recuperando esa idea básica que tuvieron los colonos en Nebraska, asociaciones como BWOB (Builders without Borders) a finales de los años 90, empezaron una serie de proyectos para construir en zonas subdesarrolladas con materiales locales de manera rápida y que supliera las necesidades de las zonas con menos recursos. Así pues la construcción con paja junto con la recuperación del adobe tenía gran importancia. Hoy siguen proyectos alrededor del mundo bajo la misma idea.



Por otro lado, en ese camino de crecimiento que ha ido experimentando la construcción con paja nos encontramos que cada día son más los países que incorporan la construcción con balas de paja dentro de sus normas de regulación de la construcción, y cada día son más las casas que se construyen con paja alrededor del mundo.

En interés por el ahorro energético y la reducción de la huella ecológica en el sector de la construcción son puntos cruciales para que cada día se tenga más en cuenta la construcción con balas de paja, como una alternativa posible y recomendable para construir.

Aunque actualmente la mayor parte de este tipo de edificaciones están situadas en ámbitos rurales y con mucho espacio, las casas de paja tienen posibilidades también en el ámbito urbano. En países como Holanda, Francia, Alemania o Italia ya se han hecho construcciones de paja dentro de ciudades, con varias alturas y con diseños que mucho distan de la arquitectura rural.



Fig. 10 Centro escolar Issy-les-Moulineaux, en Francia de los arquitectos Sonia CORTESE – Bernard DUFOURNET.



Fig.11 Auditorio construido con balas de paja, en Mazan, Francia por el arquitecto Olivier Gaujard (2012)

Esta práctica constructiva está en crecimiento y su amplio abanico de posibilidades da gran campo para su investigación y desarrollo, por esta parte todas las organizaciones sobre la construcción con paja están haciendo una gran labor de investigación que está impulsando cada vez más a la bala de paja a formar parte como material de construcción en las normas constructivas de cada país.

En España lejos de la situación por ejemplo de Francia o Alemania no se incluye la bala de paja como material de construcción en el Código Técnico, aunque sí que existen asociaciones y cooperativas que se dedican a la investigación y la divulgación de este tipo de construcciones, estas añadidas a la creciente oferta de formación respecto a la construcción con balas de paja, poco a poco va abriendo camino a la paja en nuestro país, teniendo como objetivo llevar la técnica constructiva a tomar lugar como una alternativa real en cualquier ámbito constructivo.

### 3. LA CONSTRUCCIÓN CON BALAS DE PAJA Y SU INCORPORACIÓN A LAS NORMATIVAS.

#### 3.1. INCORPORACIÓN PROGRESIVA A DIFERENTES NORMAS CONSTRUCTIVAS.

Cuando se habla de paja en el ámbito constructivo parece que se esté hablando de un material lejano a la situación actual de la construcción, retirado al contexto de la autoconstrucción y las edificaciones específicamente rurales.

Pero la realidad dista bastante de esta consideración, poco a poco la paja va haciéndose hueco en el panorama constructivo no sólo con el creciente número de edificaciones construidas sino desde el ámbito normativo y profesional del sector de la construcción, abriendo la mira hacia el resto de Europa y norte América nos damos cuenta que se va adquiriendo una imagen totalmente distinta de la construcción con balas de paja estando en constante avance e innovación.

*En Atlantic City, New Jersey en el Concilio del Código internacional en Octubre de 2013, el primer código sobre balas de paja fue aprobado como un apéndice para la siguiente publicación en 2015 del Código Internacional Residencial (El código técnico de construcción nacional para Estados Unidos). Por supuesto el camino a este éxito fue largo, tortuoso, arduo y mucho más.*

*Fijándonos en las diferencias entre los más tempranos códigos sobre balas de paja y el finalmente aprobado en el Código Internacional Residencial, nuestro cuanto más sabemos y entendemos hoy en día sobre la construcción con balas de paja comparado con nuestro conocimiento dos décadas atrás.*

*Una cosa que sabíamos en aquel momento fue que era demasiado pronto para escribir un código para la construcción con balas de paja. Pero también sabíamos que si no escribíamos uno nunca llegaríamos a construir suficiente con balas de paja para saber cómo ese código debía ser realmente.*

*Así que escribimos un código tan flexible como pudimos, basándonos en los aspectos más básicos de la construcción con paja, de los que más seguros*

*estábamos. A lo largo de los años hemos aprendido como lidiar con aquellos aspectos erróneos de ese código original, y supimos sacar de ello aquellos aspectos que no deberían estar incluidos y aquellos que eran necesarios incluir, y al mismo tiempo cuánto trabajo precisa la incorporación de un nuevo código y más aún su modificación una vez aprobado.*

*David Eisenberg,*

*“A mere twenty years” – The Last Straw*

En el anterior artículo David Eisenberg relata las dificultades y lo costoso de la creación desde sus inicios de un código específico, en este caso para la regulación de la construcción con paja, mucho tiempo ha pasado ya desde esos primeros inicios, pero aun así queda mucho camino por recorrer, pero poco a poco el trabajo, la investigación y la perseverancia va abriendo camino a la bala de paja alrededor del mundo.

- **Alrededor del mundo.**

Actualmente países como EE.UU (en la mayoría de los estados y como relata Eisenberg en su artículo, en 2015 en el resto de sus estados), Bielorrusia, Francia , Australia y recientemente Alemania tienen una normativa específica sobre la construcción con balas de paja que forma parte de los documentos de sus respectivos códigos técnicos, en otros países como Holanda, Austria, Dinamarca , el Reino Unido, Irlanda, Nueva Zelanda, Mongolia o Canadá no tienen referencias específicas que formen parte del código técnico de la construcción, pero cuentan con diferentes publicaciones y documentaciones oficiales que respaldan y dirigen de alguna manera a una metodología constructiva más estandarizada para la construcción con balas de paja e incluso regulan las dimensiones y características de las balas de paja como en el caso de Austria. Este tipo de bases junto con ensayos y certificaciones son suficientes para construir con paja en estos países de manera completamente legal.

Como pioneros en la construcción con balas de paja también resulta lógico que los primeros en desarrollar una normativa constructiva para la construcción con paja fuera Estados Unidos, este primer intento de regularización constructiva empezó a modo de proceso de desarrollo en 1980 pero hasta 1996 no se consolidó como documento legalizado, a partir de este código se empezó a construir en otros países cuya normativa no impedía la construcción con paja pero tampoco la

consideraba en su código, esta publicación del apéndice de construcción con balas de paja ha sido la base para la realización de nuevos códigos en otros países.

En el código técnico de la construcción estadounidense, apartado referente a la construcción con fardos de paja estipula el contenido máximo de humedad de los fardos, el ancho mínimo de los muros, su carga máxima admisible y los tipos de terminación superficial aceptables para dichos muros. El estado de California es el que cuenta con un código más detallado y específico en cuanto a este tipo de construcción, seguido del de Arizona.

Amparados en la necesidad de códigos para regular edificaciones alternativas de una manera unificada y con la intención de promover una manera de construir más respetuosa con el medio ambiente nace el *International Green Construction Code* publicado en 2012 y patrocinado por el *American Institute of Architects*, el *International American Society for Testing and Materials*, el *American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers*, el *U.S. Green Building Council* y el *Illuminating Engineering Society*.

Se contemplan en este código diferentes tipos de metodologías constructivas sustentables, entre ellas la construcción con balas de paja. Este código pretende ser una guía base de utilización generalizada que resulte como modelo constructivo en el ámbito de las edificaciones verdes y nuevas tecnologías relacionadas con ellos.

Por otro lado, de la mano de esta línea de actuaciones que avanzan hacia la idea de la estandarización, encontramos asociaciones que respaldan la construcción con balas de paja y se dedican a la investigación en este ámbito, estas asociaciones intentan recopilar toda la información posible sobre la metodología constructiva, con una misión básicamente divulgativa comparten y acercan la paja como elemento constructivo. Cada día más países cuentan con este tipo de asociaciones, en España la Red de Construcción con Paja con varios años de antigüedad a modo de asociación sin ánimo de lucro, agrupa de algún modo el movimiento de desarrollo de la construcción con balas de paja en el país, y resulta como un punto de encuentro y relación con asociaciones de otros países fomentando el intercambio de información, técnicas y experiencias.

- **Situación en España.**

Actualmente España sigue sin contar con normativa específica para la construcción con balas de paja, aunque no hay tampoco ninguna restricción a la hora de realizar casas de paja donde la estructura esté confiada a cualquier otro material considerado dentro del documento básico de seguridad estructural, clasificándose a modo de cerramiento los fardos de paja.

Es completamente viable conseguir visado colegial para este tipo de edificaciones y ejecutarlas de forma completamente legal. Por otro lado el gran número de ensayos realizados, como el de resistencia al fuego, el de compresión o los sismorresistentes, resultan de gran ayuda para agilizar la obtención de documentos legales.

De otro modo, para construir con muros de paja con función estructural (técnica Nebraska) y conseguir el visado del colegio de arquitectos, ya que no está considerado dentro del código técnico, será necesario hacer ensayos de resistencia a los muros.

En resumen, para el caso particular de España si se sigue la estructura legal fijada para cualquier otro tipo de proyecto de edificación, realizando controles y ensayos de calidad, realizar casas de fardos de paja legales es posible dentro de los estándares de la construcción.

A pesar de estos hechos el creciente interés por este tipo de construcción en nuestro país y la aplicabilidad de este material que tenemos tan al alcance probablemente en un futuro también nosotros podamos contar con una normativa específica para la construcción con balas de paja, que abra mayores posibilidades constructivas y respetuosas con el medio ambiente.

### 3.1. ENSAYOS, PRUEBAS Y HOMOLOGACIONES.

*Primera fase del programa de ensayos completada. Es emocionante saber que pronto se podrá construir casas de paja con muros autoresistentes con la aprobación de los códigos constructivos oficiales.*

*Esta fue la historia de la portada que escribí para el "The Last Straw", volumen 1, número 1, en invierno de 1993. Esto documentó nuestro camino hacia conseguir el inicio de los ensayos estructurales realizados con la participación y cooperación de los organismos oficiales de la construcción en Pima y Tucson, Arizona, junto a muchos otros.*

*Esos ensayos llevaron al desarrollo durante varios años de la redacción de un código con los comités de códigos de construcción de cada país y la aprobación y aplicación del primer código de construcción con balas de paja estructurales a finales de 1995.*

*David Eisenberg,*

*“A mere twenty years” – The Last Straw*

Eisenberg demostraba su alegría ante los primeros ensayos de muros con balas de paja sabiendo que como proceso de la creación de normativas específicas para la construcción con balas de paja se parte con anterioridad de buenos resultados en la realización de una serie de ensayos y test sobre el material a emplear.

Antes de construir con paja nos hacemos preguntas básicas sobre la resistencia del material, si es capaz de resistir al fuego lo que exige la normativa, si será capaz de resistir los esfuerzos una vez entre en carga dentro de la edificación, qué características aislantes tanto frente al ruido como térmicas va a tener, si cumplirá con los mínimos establecidos por las normas de la construcción y qué consideraciones frente a la humedad hay que tener en cuenta para poner este material en obra.

- **Aspectos estructurales de la paja.**

A nivel mundial se han realizado ensayos para poner a prueba la resistencia mecánica de la bala de paja y su comportamiento estructural, pero se han obtenido resultados muy diferentes dependiendo del ensayo y el laboratorio que lo realizara.

Los resultados obtenidos varían mucho si se analiza la bala de paja como material aislado a si lo ensayamos en un muro, y dentro de los ensayos con muros de balas de paja otros resultados muy dispares dependiendo de si se trata de un muro revocado o no y en función del espesor del revoco. Y otras muchas variables como el contenido de humedad en la paja, la densidad de la bala, la forma, el método utilizado para la realización del muro, su compresión o la posición en la que se hayan colocado las balas.



De los resultados de estos ensayos realizados podemos sacar en claro aspectos básicos como que las balas colocadas planas tienen mayor resistencia a compresión que aquellas que se colocan sobre el canto que viene a traducirse en mejores resultados cuando el esfuerzo se aplica de manera perpendicular a las fibras y que las balas aumentan notablemente su resistencia con un revoco y varía con las dimensiones del mismo.

La importancia de un reparto uniforme de cargas se transforma en resultados mucho mejores sobre muros de balas de paja ensayados con un elemento de coronación.

Al no aplicar la carga a través de un elemento de reparto se registran diferentes tipos de fallos en el muro, desde el pandeo del mismo al desprendimiento del recubrimiento por causas de una aplicación de las cargas no uniforme que no permite al muro y al recubrimiento trabajar conjuntamente.

A parte de los ensayos en laboratorios, otra prueba de la resistencia de las balas de paja a la hora de ser aptas para la construcción de muros de carga son las propias edificaciones realizadas con dicho método, que siguen en uso con alrededor de cien años de antigüedad.

El arquitecto e ingeniero alemán Gernot Minke, que ha dirigido muchos de los ensayos realizados sobre muros de paja en Alemania, apunta desde su experiencia que los muros de balas de paja pueden llegar a soportar cargas superiores a 500kg/m de muro portante, lo que serían 1000kg/m<sup>2</sup>.

Michael Faine y el Dr. John Zhang, en la Universidad de Western Sydney, en Australia ensayaron muros de balas de paja con revocos de arcilla y de cal en espesores de 3 a 4 cm en revoco de arcilla y de 3 a 5 mm en revocos de cal, aplicando una fuerza de 15,4 kN/m sobre un elemento de reparto sobre el muro obteniendo un asiento medio de 2,5 mm.





Fig.12 Imágenes sobre ensayos de carga sobre muros de balas de paja revocados con morteros de arcilla y de cal.  
[www.strawbalebuilding.ca](http://www.strawbalebuilding.ca)

Por otra parte el norteamericano Bruce King, recopiló en su publicación “Loas-Bearing Straw Bale Construction” una serie de ensayos realizados en diferentes partes del mundo comparando resultados obtenidos en muros de fardos de paja clasificándolos por tipos de ensayos, dependiendo de las características del muro ensayado, por posición, tipo de revoco, tipo de carga aplicada y modo de aplicación de la misma.

Obtuvo de ello una gran cantidad de resultados muy diferentes pudiendo corroborar la importancia de la metodología constructiva en términos de resistencia más allá de las características propias del material aislado.

Se concluye como factor importante para el uso de las balas de paja fijar una compresión mínima de las balas, con la intención de unificar resultados y conseguir un estándar de bala de paja, determinando adecuadas aquellas con una densidad igual o mayor a  $90 \text{ kg/m}^3$ .

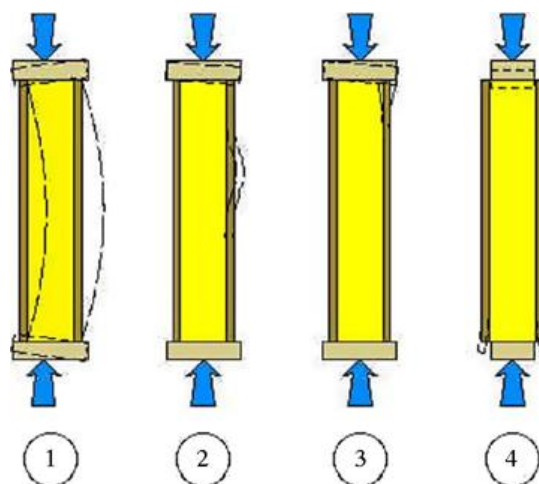


Fig. 13 Imagen con el comportamiento de los muros de paja según diferentes ensayos del libro de Bruce King (2003) “Loas-Bearing Straw Bale Construction”

Todos estos ensayos que hemos comentado hasta ahora tratan la metodología de la construcción con paja desde un punto de vista estructural, abordando el muro de balas de paja como elemento portante.

Evidentemente los resultados de todos estos ensayos varían muchísimo cuando se realizan sobre muros de paja con otra metodología que combine otros materiales, como por ejemplo la madera donde la función estructural no recae únicamente sobre la paja.

Estos ensayos sobre otras tipologías constructivas relacionadas con las balas de paja resultan muy interesantes para la afirmación y demostración de las capacidades de cada método constructivo, pero se alejan del estudio de las capacidades de la bala de paja como elemento constructivo.

#### Capacidades sismoresistentes.

Otros ensayos realizados para construcción con balas de paja que aportan más características interesantes a este material de construcción son los ensayos para la reproducción de sismos que comprueban las capacidades sismoresistentes que poseen.

Derivado de un gran terremoto ocurrido en Pakistán en 2009, el Pakistan Straw Bale and Appropriate Building (PAKSBAB) motivó un ensayo el mismo año en la Universidad de Nevada, Reno, dónde se construyó una maqueta de una casa de paja con muros autoportantes a escala real, una sección de 14'x14'x10', eso en metros serían 4,27x 4,27x3,05 m, la maqueta estaba revocada interiormente por mortero de arcilla y exteriormente por mortero de cal, sobre una cimentación de hormigón armado bajo el muro y con sacos de grava sobre la cubierta de madera simulando la sobre carga por nieve, carpinterías y gran nivel de detalle.

Esta maqueta se puso sobre la mesa vibratoria, y sobre esta se reprodujo el récord sísmico registrado en el Canoga Park Topanga Canyon de Mw 6.7 (En escala sismológica de magnitud de momento). La maqueta fue puesta bajo ocho niveles de vibración sísmica, resistiendo una aceleración de **0,82g**, el doble que la registrada en el récord del Canoga Park, la maqueta sufrió graves daños, pero no llegó a poner en peligro de colapso a la estructura ni siquiera al final de la secuencia del ensayo.

Esto abre todo un camino a la construcción con balas de paja en zonas donde los sismos representan una grave amenaza, su rapidez de construcción y su gran comportamiento ante

movimientos sísmicos dan una alternativa rápida y eficiente para la reconstrucción de zonas afectadas por graves terremotos.

Estas cualidades de la paja también fueron aprovechadas tras el terremoto ocurrido en l'Aquila, Italia, donde prácticamente la ciudad entera quedó en ruinas, poco después se dispusieron a reconstruir viviendas para los afectados a las afueras con este material con grades resultados.



Fig. 14 Imánes sobre el test sísmico realizado en la Universidad de Nevada, Reno  
[www.nees.unr.edu/projects/straw-house](http://www.nees.unr.edu/projects/straw-house)

- **Comportamiento frente al fuego de las balas de paja.**

Como a uno de los temas que más preocupa en cuanto a la respuesta de un material para ser utilizado para la construcción, se han realizado muchos ensayos sobre muros de balas de paja para probar su resistencia al fuego.

El código técnico mantiene unas especificaciones claras para el uso de materiales en la construcción y con la intención de incorporar a la paja dentro de esa consideración debe entrar en el rango de resistencia al fuego exigido.

La resistencia al fuego es el tiempo en minutos en el que un elemento expuesto a la llama directa mantiene su estabilidad y características estructurales y de aislamiento térmico sin permitir la propagación del incendio a la otra cara del muro.

En Austria, el instituto "Versuchs und Forschungsanstalt der Stadt Wien" realizó un ensayo sobre un muro de estructura de madera con cerramiento constituido por balas de paja de una densidad media de  $120 \text{ kg/m}^3$  y revocado interiormente con un mortero de arcilla y exteriormente con un mortero de cal obteniendo como resultado una resistencia al fuego de 90 minutos.

En 2003 los ensayos realizados por FASBA, federación nacional de la construcción con paja en Alemania, demostraron nuevamente la resistencia al fuego de 90 minutos, ensayando un muro de fardos de paja revestido con una capa de mortero de arcilla de 3 cm, obteniendo la denominación **F-90** según DIN 4102-2 al aguantar los 90 minutos sin presencia de fisuras sobre el revestimiento.



Fig. 15 Imágenes del ensayo de resistencia al fuego por MPA, realizado en Alemania por FASBA. [www.fasba.de](http://www.fasba.de)

Posteriormente en otros ensayos realizados en Estados Unidos se documentan resultados que superan los 120 minutos de resistencia al fuego, acabando el ensayo sin registrar fallo en el muro. Esto demostró que los resultados de los ensayos de resistencia al fuego dependían mucho del grosor del revoco y de la forma y calidad de la aplicación del mismo, de manera que a mayor penetración del revoco dentro del muro de paja mejores resultados, debido a que esta penetración del revestimiento impide al creación de una cámara de aire entre la paja y el revestimiento impidiendo que se genere la combustión por falta de oxígeno. Además la alta



compresión en la que se encuentran las balas de paja permite la presencia de niveles muy bajos de oxígeno dentro de la misma, con el mismo efecto de dificultar o imposibilitar la combustión.

Analizando estos factores y resultados de ensayos realizados y remitiéndonos a las disposiciones mínimas del documento básico de protección contra incendios del código técnico que especifica que los elementos estructurales tendrán al menos una resistencia de 30 minutos al fuego podemos comprobar que los muros de paja con las características específicas de los ensayados en los laboratorios cumplirían perfectamente con las exigencias.

- **Conductividad térmica de la bala de paja.**

Otro aspecto relacionado con la resistencia al fuego es la conductividad térmica relacionada con el material, que está directamente relacionada en el caso de la bala de paja con la densidad de la misma, la dirección en la que se coloquen las fibras respecto al flujo del calor y del porcentaje de humedad que tenga la bala.

En varios ensayos realizados se ha demostrado que la dirección de las briznas de la bala de paja tiene una gran influencia en la conductividad térmica de la misma, teniendo incluso más peso en cuanto a variación en la conductividad la dirección de la brizna que la dirección en que se colocara la bala de paja, es decir, que hay un aislamiento térmico superior colocando las balas de canto que planas, debido a que colocadas de canto las briznas se sitúan de manera perpendicular al flujo térmico, las briznas colocadas en sentido paralelo al flujo térmico favorecen el paso de calor por las cavidades tubulares interiores.

Ensayados estos factores el coeficiente de conductividad térmica de la bala de paja se sitúa entre **0,0337 y 0,086 W/mk**.

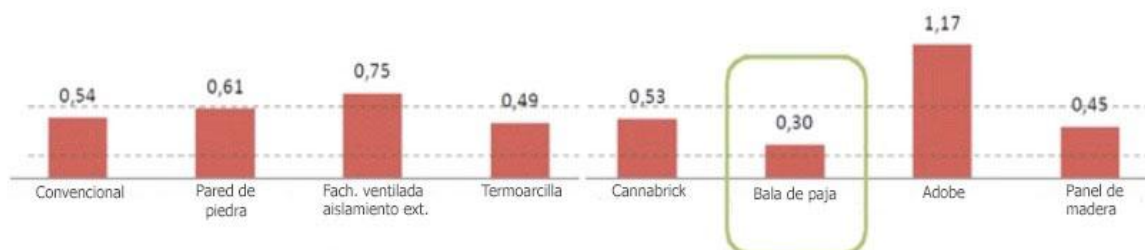


Fig. 16 Gráfica de transmitancia térmica de diferentes materiales expresada en W/m²k – Revista Ecohabitar.



La transmitancia térmica, es la que nos dará los valores necesarios para el cálculo de eficiencia energética y el certificado obligatorio que clasifique a la edificación, según el Real Decreto 235/2013 del 5 de Abril.



Fig. 17

La media española dentro de los edificios que han obtenido etiqueta energética según la página [www.certificadodeeficiencia.es](http://www.certificadodeeficiencia.es) es la siguiente:

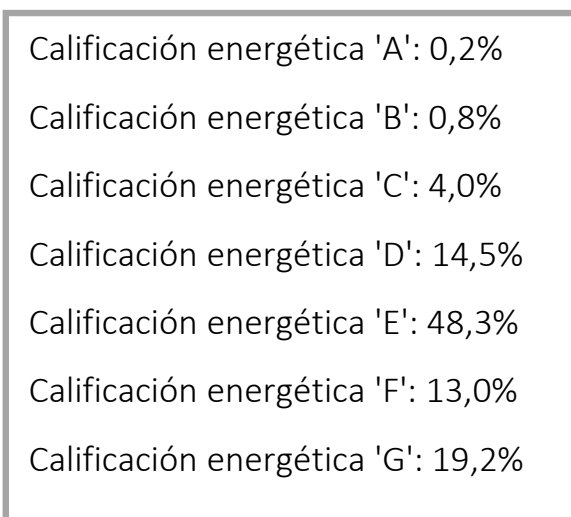


Fig. 18

A pesar de los mínimos resultados que obtiene la bala de paja en cuanto a transmitancia térmica, los resultados conseguidos mediante los programas de eficiencia energética no son tan positivos. La razón, una edificación realizada con fardos de paja, y menos en una zona templada como la de Valencia, no necesita prácticamente ningún tipo de sistema de calefacción, cosa que es penalizada en términos de eficiencia energética dentro del programa de cálculo para la obtención de las etiquetas.

De este modo si observamos las siguientes clasificaciones de etiquetas energéticas podemos deducir que en verdad una casa de balas de paja obtiene mejor calificación energética que la media de edificaciones en España considerando que no se tienen instalaciones de climatización.

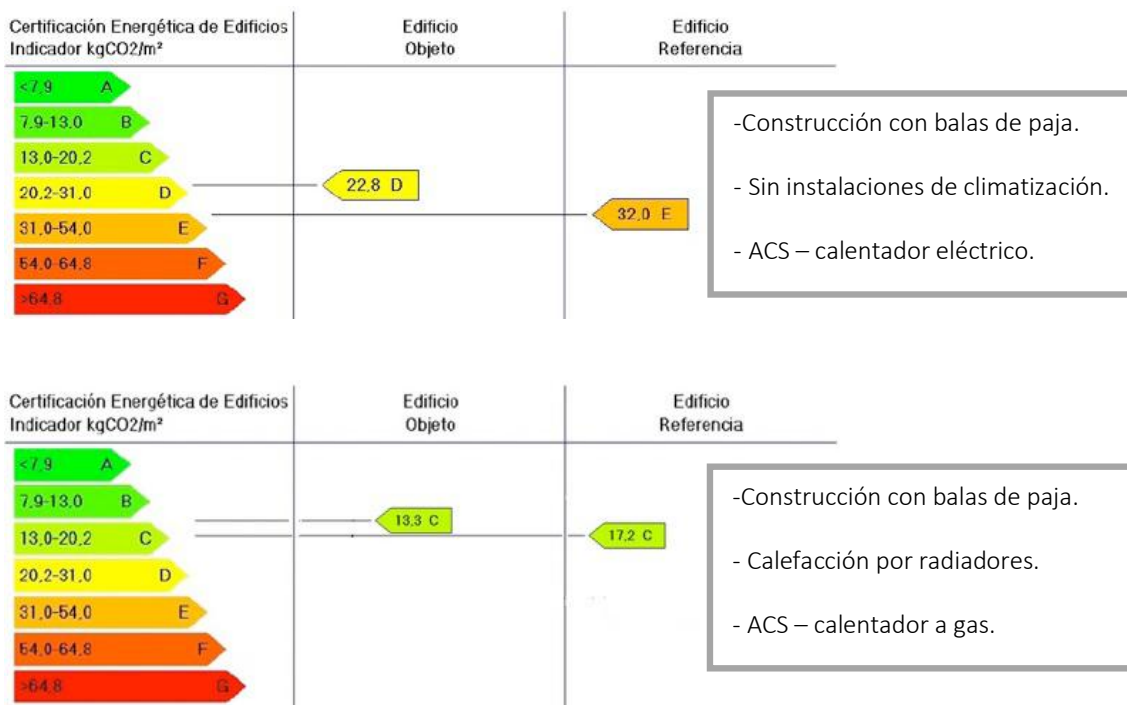


Fig. 19 Imágenes obtenidas por medio de trabajo realizado por la cooperativa okambuva. [www.casadepaja.es](http://www.casadepaja.es)

Si por otro lado consideramos que la edificación cuenta con la instalación de un sistema básico de calefacción los resultados son mucho mejores, ante esto es importante plantearse si este método de etiquetar a las edificaciones energéticamente está considerando adecuadamente todos los tipos de edificación.

¿Qué mejor ahorro energético que una edificación que no precise de sistema de climatización por su buen comportamiento térmico?

- **Comportamiento higrotérmico.**

El comportamiento que tengan los materiales con respecto al agua determinará unas consideraciones constructivas específicas que garanticen su durabilidad o en su caso que permitan aprovechar sus cualidades relacionadas con la misma.

El agua es un gran enemigo para la durabilidad de muchos materiales de construcción, y la paja también es uno de ellos, aunque debidamente protegida podemos aprovechar su carácter permeable para conseguir una regulación de la humedad ambiental por parte de los muros del propio edificio.

Con la utilización de materiales transpirables evitamos condensaciones, por ello hay que tener en cuenta que cuando haya que proteger a un elemento transpirable de la acción del agua si se hace de manera muy drástica como la colocación de una barrera de vapor, esto puede provocar condensaciones en zonas no deseadas. Lo mejor es estudiar el comportamiento de cada material e intentar sacar partido de las características de cada uno, teniendo en cuenta sus comportamientos a la hora de combinarlos.

La paja es un material muy transpirable, por ello al combinarla tanto con morteros de arcilla como de cal lo que se intenta es mantener ese carácter transpirable.

Por eso no es aconsejable combinar el uso de la paja junto con materiales con comportamientos de permeabilidad muy diferentes como sería por el ejemplo el acero.

En la siguiente gráfica se muestra una serie de materiales con su nivel de transpirabilidad  $S_d$  (m), siendo más transpirables cuanto menor sea el valor de cada uno:

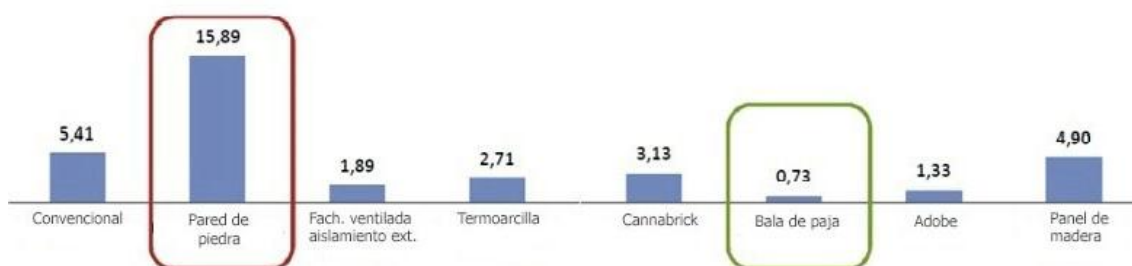


Fig. 20 Gráfica de transpirabilidad de diferentes materiales  $S_d$  (m) – Revista Ecohabitar.

Con este valor tan alto de transpirabilidad conseguiremos un muro que absorba humedad ambiental y colabore con ese flujo de humedad hacia el equilibrio, pero también una superficie muy vulnerable a la acción del agua, es en este punto donde es difícil encontrar el término medio entre la protección frente al agua y sus agresiones y la transpirabilidad de las superficies,

por ello, con la intención de evitar problemas, es importante tener en cuenta que es esencial hacer una transición muy atenuada de superficies más permeables a menos permeables.

Por ello en un muro de paja es aconsejable en la capa más exterior, hacer un revoco rico en cal muy fino, seguido de otro revoco mezcla con arcilla y un menor porcentaje de cal y sobre la paja un revoco de arcilla sin cal o con un porcentaje muy bajo de la misma, y un acabado interior con revoco de arcilla.

De esa manera el paso entre la superficie más transpirable (la paja) y la menos transpirable (el revoco rico en cal) es suave y evita que se creen condensaciones sobre la cara de alguna de las capas del muro, con las patologías que ello conllevaría.



Otras consideraciones que ayudan a proteger de la acción del agua a las edificaciones es su propio diseño, minimizando el contacto directo del agua con la superficie del muro, como es con la realización de grandes aleros, la ubicación de goterones y vierteaguas, etc.

- **Aislamiento acústico.**

Otra restricción con la que cuentan las normativas y códigos de la construcción es la protección frente al ruido, como material de construcción la bala de paja también debe responder a estas especificaciones.

La federación alemana de la construcción con paja, FASBA, realizó un ensayo para averiguar la protección frente al ruido que aportaría un muro de paja con estructura de madera ligera y un recubrimiento de 10 a 21 mm de mortero de arcilla y mortero de cal en cada cara del muro respectivamente.

El muro tenía un ancho de 4,12 x 3,56 m y una sección para hueco de carpintería de 12,32 m<sup>2</sup>.

El valor del laboratorio en el ensayo de protección frente al ruido fue de  $R_{w,p} = 45\text{dB}$ , este valor después de aplicar los criterios de corrección del DIN 4109 de 2dB quedaría en un valor real de  $R_{w,p} = 43\text{dB}$ .

Posteriormente se realizó el mismo ensayo pero en este caso doblando el recubrimiento de una de las caras del muro, al repetir la prueba el valor obtenido en laboratorio fue de  $R_{w,p} = 46\text{dB}$  que aplicando los valores correctores del DIN 4109 daría un valor real de  $R_{w,p} = 44\text{dB}$

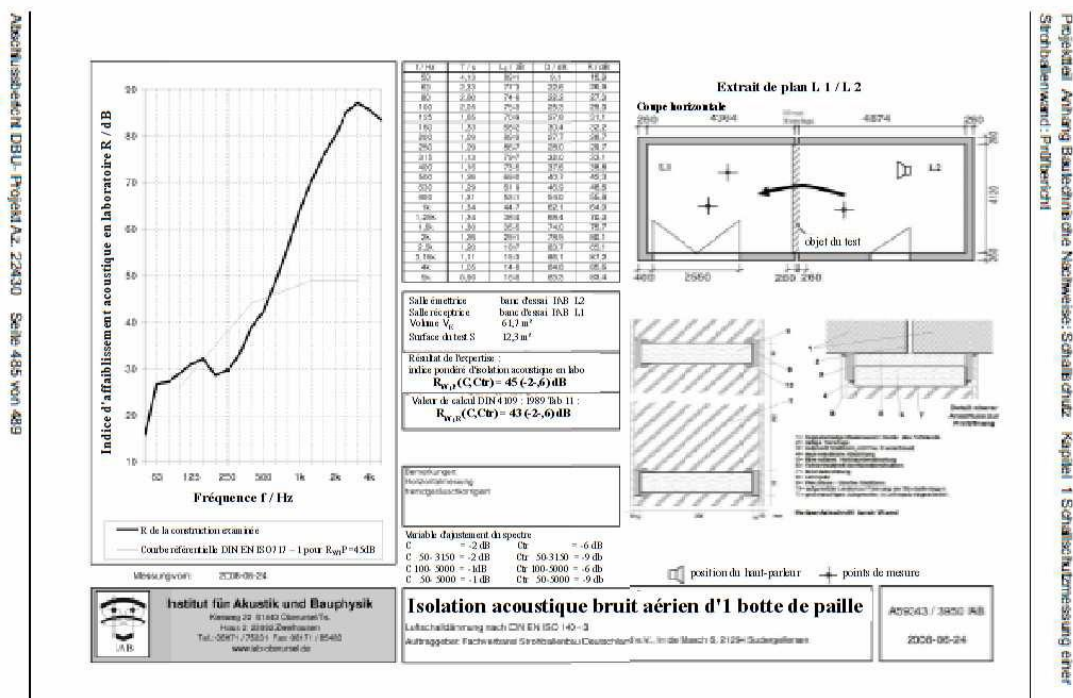


Fig.22 Imagen de los resultados obtenidos en el laboratorio para la maqueta que se representa en los detalles - Extraído del documento del Instituto de acústica y física de la edificación francés, realizado por el profesor Doctor Ernst-Jo. Völker.

Volviendo a las disposiciones mínimas de aislamiento frente al ruido que especifica el código técnico dentro del documento básico HR (protección frente al ruido), se indica:

- i) Protección frente al ruido generado en la misma unidad de uso:
  - El índice global de reducción acústica, de la tabiquería no será menor que 33 dBA.

*ii) Protección frente al ruido procedente de **otras unidades de uso**:*

*- El aislamiento acústico a ruido aéreo, entre un recinto protegido y cualquier otro del edificio con una unidad de uso diferente, no será menor que 50 dBA.*

*iii) Protección frente al ruido procedente de **zonas comunes**:*

*- El aislamiento acústico a ruido aéreo, entre un recinto protegido y zona común, colindante, siempre que no comparta puertas o ventanas, no será menor que 50 dBA. Cuando sí las compartan, no será menor que 30 dBA y el índice global de reducción acústica del muro no será menor que 50 dBA.*

*iv) Protección frente al ruido procedente de recintos de instalaciones y de **recintos de actividad**:*

*- El aislamiento acústico a ruido aéreo, entre un recinto protegido y un recinto de instalaciones o un recinto de actividad, colindante con él, no será menor que 55 dBA.*

Por otra parte, Jesús Cano Molina en su proyecto final de grado “Análisis comparativo de la técnica Greb y la implementación del Pozo Canadiense, como alternativas a sistemas constructivos y de climatización convencional” comenta la realización de un ensayo en un estudio de música en Australia con muros de paja de 45cm de espesor con un valor interior de 114-117 dB y ruido exterior de 62-71dB dentro del espectro de frecuencias entre 500-10.000Hz. Con lo que tenemos una diferencia de entre 43 y 55 dB.

Dando en este caso resultados mejores que en el realizado por el FASBA.

Más allá, también se habla de este tema dentro de las publicaciones de “The Last Straw” centrándose en un estudio recopilado por Bruce King en el libro que publicó en 2003 donde se habla de unos resultados más parecidos a los del test Australiano llegando a una protección frente al ruido de 53dB.

Comparando los resultados de los diferentes ensayos de laboratorio con las exigencias de la norma, cogiendo en general los distintos resultados se puede concluir que la bala de paja por sí misma resulta un buen material de aislamiento acústico además de poseer cualidades excepcionales para el acondicionamiento acústico, comprobadas en el estudio de música de Australia dónde se realizó el ensayo anteriormente nombrado.

## 4. MATERIALES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN CON BALAS DE PAJA Y SUS CARACTERÍSTICAS Y EXIGENCIAS.

### 4.1 MADERA

La madera es un material que se ha empleado en la construcción desde siempre y el que más se ha utilizado para la realización de estructuras de manera generalizada, siendo un material obtenido directamente desde el entorno, la mayor o menor utilización de la madera para la construcción ha estado condicionada por la cantidad de madera de calidad que se tuviera al alcance.

España es un país que no cuenta con madera abundante por lo que su uso en la construcción ha sido bastante localizado, sobretodo en el norte del país. Las zonas costeras han mantenido la importación de este recurso ya que los puertos han ejercido de nexo de importación. Aunque en la época en la que vivimos importar materiales de fuera del país resulta relativamente sencillo, no obstante esto siempre requiere un aumento considerable al valor del producto, con sus consecuencias ecológicas ligadas al desplazamiento del mismo.

El hecho de que tradicionalmente no se haya utilizado este material para la construcción a excepción de en zonas muy específicas del país, también da lugar a que realmente no se tenga una cultura relacionada con el trabajo de la madera estructuralmente, prácticamente exclusivo del ámbito del mobiliario. En la arquitectura tradicional española más generalizada aparece la madera únicamente para la realización de vigas y viguetas para forjados y estructura de cubierta con apoyos simples, utilizando mucho más la piedra, la tierra y el ladrillo en su sustitución.

- **Propiedades**

La madera como material orgánico encaja dentro del perfil de materiales buscados dentro de la bioconstrucción, es un material saludable y natural, cuyo comportamiento higrotérmico tiene gran similitud con la tierra o la paja.

Es fácilmente trabajable y permite resolver estructuras con relativa sencillez. Aunque hay que tener en cuenta que se precisa de largo tiempo para el crecimiento de un árbol para que alcance el tamaño y características idóneas para ser empleado en la construcción. Por otra

parte si se lleva a cabo un mantenimiento correcto la madera tiene una durabilidad muy extensa pudiendo durar cientos de años.

Debido a esto y a que nos encontramos en un país con muy poca producción de madera resulta interesante que las construcciones que se realicen aquí y aún más concretamente bajo los principios de la bioconstrucción utilicemos secciones mínimas de madera, ayudándonos de otros materiales para su trabajo estructural.

- **Características físicas**

Si bien en este trabajo no se intenta hacer un estudio de la construcción con madera, que bien podría ser objeto de otro trabajo, sí que se considera importante el hacer un resumen de las características básicas de este material en cuanto a su comportamiento en la construcción.

Centrándonos en sus características físicas, la madera resulta un gran material de construcción, su resistencia a tracción y compresión junto con su carácter resistente a la flexión le aportan gran aplicabilidad en el mundo de la construcción, así como sus propiedades aislantes térmicas y acústicas.

Si bien la madera posee grandes cualidades estructurales, también hay que tener en cuenta que responde a las solicitaciones de los esfuerzos de manera muy diferente según la dirección en la que se coloque. Esto se debe a su anisotropía, propiedad característica de la madera, causada por su estructura tubular y el crecimiento del tronco en capas concéntricas diferenciadas por su crecimiento y ciclos que no responden a las mismas propiedades físicas y mecánicas. Es importante por tanto que la dirección de la madera en la que soporte los mayores esfuerzos de tracción y compresión sea aquella paralela a las fibras, ya que es de esta manera como se optimizarán sus características físicas.

Otro punto a tener en cuenta en la madera es su comportamiento higroscópico, es decir que tiende a buscar un equilibrio de humedad con el ambiente, aumentando y disminuyendo su tamaño al absorber y expulsar el agua de su interior. Diferenciaremos entre el agua presente en la madera por su misma constitución que forma parte de la madera y no se pierde al contacto con un ambiente seco y el agua de saturación, que es la que jugará un importante papel en la influencia sobre el comportamiento y características físicas de la madera. La relación que experimenta la madera con el agua de saturación se resume básicamente en un aumento de las capacidades mecánicas de la misma a medida que se acentúa el secado, pero ligado a la vez a una pérdida de tenacidad. Por esto resulta muy importante mantener unos niveles de humedad adecuados para la madera porque además de una alteración de las propiedades físicas de la



misma, el aumento del nivel de humedad la hace vulnerable a que se pueda desarrollar una pudrición rápida de la misma, así como favorecer a la aparición de diferentes tipos de organismos que la destruyan. Dependiendo del uso al que vaya destinada la construcción con madera mantendremos unos niveles diferentes de humedad.

- **Su uso junto a la paja**

Como observamos la madera tiene un comportamiento similar a la tierra y a la paja, en su manera de absorber y soltar agua o vapor, permitiendo el paso de la misma a través y siendo a su vez un buen aislante térmico, en una construcción buscamos que los materiales trabajen conjuntamente y bajo un patrón de comportamiento similar para que en sus conexiones puedan causar la menor cantidad de problemas posibles.

Ahora bien, volviendo al tema que se pretende presentar en este trabajo, la construcción con paja a día de hoy y sobretodo en el marco normativo en el que nos encontramos en España, precisa de una estructura auxiliar a la que confiar el peso de la estructura que no sea la paja misma, ya que esta no está contemplada en el código técnico, por ello la madera resulta un componente muy importante en este tipo de construcciones. Podríamos combinar el cerramiento de paja con cualquier tipo de estructura como el hormigón o el acero, pero sus comportamientos son muy diferentes, y por ello no consideramos que sea lo más óptimo su combinación. Por ello la madera con sus características acopla perfectamente con la paja además de que entra dentro de las consideraciones ecológicas que se pretenden dentro de la bioconstrucción.

El tipo de madera a emplear estará determinado por el método constructivo que elijamos, precisando de maderas con más resistencia y mayores secciones en los métodos en los que la paja no efectúe ninguna función estructural y pudiendo reducir el uso de madera en algunos tipos de prefabricados o métodos en los que la paja pueda jugar mayor parte estructural.

## 4.2 PAJA

La paja es el material base de este tipo de construcciones, pero no hablamos de la paja por sí misma, suelta, sino de la bala de paja, que cuenta con una consistencia y compresión que le otorga sus características mecánicas que la hacen muy interesantes para la aplicación en la construcción.

Con paja nos referimos a las pacas de paja embaladas mecánicamente y atadas para aguantar las fibras en ese estado de compresión.



Fig.23 Acopio de balas de paja – Eugenio Pérez



Fig.24 Balas de paja – activarquitectos.blogspot.com.es

- **Un residuo del sector primario**

Las balas de paja en primera instancia se presentan como un residuo abundante derivado del sector primario, cada cosecha produce una gran cantidad de paja que se empaca y resulta un residuo directo con poca salida, aunque se utiliza fundamentalmente como alimento de equinos, es sólo una parte de esta cantidad producida la que se dedica a tal fin, el resto se quema o se tira al aire libre para su descomposición.

Por lo que respecta a la quema de la paja es una práctica además de poco ecológica, bastante insalubre debido al monóxido de carbono y óxido nitroso que se genera por la gran cantidad de paja a quemar, se llegan a quemar sobre los quinientos millones de toneladas anuales, a causa de esto algunos países han desarrollado restricciones para la quema de las balas de paja, por lo que de no poder quemarse se tira la paja para su descomposición en el campo. Esta práctica es con la que nos encontramos por ejemplo en la albufera de Valencia, dónde este tipo de gestión de la paja empieza a ser muy dañino para el acuífero, generando demasiada materia en descomposición en el agua y alterando la calidad de la misma.



Fig.25 Quema de la paja de arroz en la Albufera de Valencia – Irene Marsilla

Esto nos da más motivos para buscar otras formas de salida a la bala de paja, y si además nos encontramos que este aparente residuo tiene características más que interesantes para su aplicación en el mundo de la construcción se dan las condiciones perfectas para dar utilidad a este elemento pudiendo introducir un carácter más sostenible a la construcción. Con estos quinientos millones de toneladas de paja anual destinadas a la quema se podrían construir ochenta millones de viviendas de 100 m<sup>2</sup>.

Trasladando este material al ámbito de la construcción tenemos que el gasto energético de producir una bala de paja es de 115 Mega Julios, comparado con el gasto energético para producir la misma cantidad de hormigón es cincuenta veces menor y si lo comparamos con la lana de roca o la fibra de vidrio es cien veces menor. Utilizando las balas de paja para construir no solo se contribuiría a gestionar un residuo agrícola sino que reducirían muchísimo el gasto energético derivado de los materiales convencionales utilizados en edificación.

- **¿Puede ser la paja un material de construcción?**

A la hora de utilizar la paja como a material de construcción surgen una serie de preguntas, ¿No es la paja un material orgánico y por tanto está sujeto a la pudrición?, ¿Realmente la paja puede resistir los esfuerzos de flexo-compresión a los que su puesta en obra va a requerir?, ¿No es la paja un material altamente vulnerable al fuego?, ¿Los roedores no pueden ser una amenaza para este tipo de construcciones?

La paja por sí misma resulta un material muy vulnerable pero como se explica anteriormente nunca vamos a considerar la paja sola como material de construcción, hablamos de las balas de paja comprimidas y los muros realizados con dicho material estarán siempre revocados con morteros de arcilla o cal. Por tanto el comportamiento va a ser el del conjunto.

Así pues siempre que tengamos la bala de paja bien protegida no estará sometida a una fuerte humedad directa, evitando así una pudrición prematura que pueda afectar a las edificaciones, además en la composición de la paja encontramos un alto contenido en silicatos lo que hace que de forma natural tenga un proceso de descomposición muy lento siempre que se resguarde de los agentes atmosféricos.

La alta compresión de las balas de paja le aporta una gran estabilidad, consiguiendo que pueda soportar grandes cargas.

La misma compresión de la paja dentro de la bala da lugar a que haya muy poco oxígeno dentro de ella y por lo tanto sea muy difícil que prenda ante un fuego, y si además a esto le sumamos la

capa de arcilla que protegerá a la bala de paja con su correspondiente penetración en las fibras, no dejará aire entre la paja y el revoco. Estas características dan lugar a muros que se diferencian muy poco de cualquier otro muro realizado con materiales convencionales de construcción.

En la composición de la paja encontramos básicamente lignina, celulosa y sílice, y tiene una fina capa de cera que le otorga ciertas propiedades hidrófugas, y respondiendo a la pregunta que surge a menudo respecto a la utilización de la paja como material de construcción, los roedores no se alimentan de estos componentes, por tanto no es un problema que acaben comiendo el material de este tipo de edificaciones, aunque sí que es conveniente resolver constructivamente de manera adecuada todos los encuentros para evitar que aniden dentro de las balas de paja.

Volviendo a la composición de la paja hay que tener en cuenta que estos componentes se encontrarán en cantidades diferentes dependiendo de la procedencia de la paja, así pues dependiendo del cultivo de procedencia presentarán unas resistencias diferentes, Maren Termen y Rikki Nintzkin hicieron la siguiente clasificación de los tipos de paja de más resistencia a menor resistencia:

CULTIVOS DE PROCEDENCIA DE LA PAJA	
1	ARROZ
2	TRIGO (Siembra de invierno)
3	ESPELTA
4	CENTENO
5	CEBADA COMÚN (Siembra de invierno)
6	TRIGO (Siembra de verano)
7	AVENA
8	CEBADA COMÚN (Siembra de verano)

Fig.26

A partir de esta clasificación podemos ver que la paja de arroz tiene una alta resistencia, además es también aquella que tiene un mayor coeficiente hidrófugo, el hecho de que crezca en el agua y sus condiciones de cultivo hacen que sea la más propicia si analizamos sus propiedades físicas y mecánicas, no obstante no es mayormente utilizada debido a la mayor dificultad que presenta su recogida y empaclado. Aun así, disponiendo de los medios adecuados la recogida y utilización para la construcción de la paja de arroz tiene una salida muy interesante sobretodo en la Comunidad Valenciana, dónde como se comentaba con anterioridad existe un gran problema con la gestión de la paja de los arrozales y además de solucionar un problema ecológico tendríamos a disposición una paja con las mejores propiedades para ser utilizada como material de construcción.

Por otra parte la paja que se utiliza generalmente para construir es la paja de trigo, debido principalmente por ser el cultivo más extendido, hallándola así en mayores cantidades, además atendiendo a la clasificación también observamos que tiene una resistencia bastante elevada.

La elección del tipo de paja es importante pero lo es más la calidad de la misma, su densidad, humedad, tamaño y longitud de las briznas (buscaremos siempre balas con briznas lo más largas posibles) serán factores más influyentes, una de las características que sitúa a la paja de arroz como una buena opción es que además de sus características de composición que produce briznas más largas.

Como prueba de que la bala de paja también se puede estandarizar como material de construcción encontramos desde Austria el primer certificado de balas de paja para la construcción el ETA (European Technical Approvals) – 10/0032, que regula origen de la paja (en este caso de trigo) que conforma la bala, tamaño de la misma, densidad, transmitancia, protección al fuego, resistencia al flujo de humedad y su grado de estabilidad natural.

**WALDLAND Baustrohballen STANDARD****Ballenmaße:**

H: 400 mm  
B: 400 mm  
L/DS: 300 - 800 mm

Dichte: 95 kg/m<sup>3</sup> - 120 kg/m<sup>3</sup>

Weitere Baustrohballenformate sind nach Rücksprache erhältlich.

**QUALITÄT**

Die Qualität der zertifizierten Baustrohballen von Waldland wird entlang der gesamten Wertschöpfungskette genau überwacht. Mit unseren zertifizierten Baustrohballen sind Sie auf der sicheren Seite, die technischen Eigenschaften - Wärmeleitfähigkeit, Dichte, Strömungswiderstand, biologische Stabilität, Brandschutzklasse, Formhaltigkeit - werden garantiert.

**TECHNISCHE DATEN**

Zulassungsnummer	ETA-10/0032
Inhaltsstoffe	100 % Weizenstroh
Nennndichte	105 kg/m <sup>3</sup>
Nennwert der Wärmeleitfähigkeit Kat.1	$\lambda_{D(23,50)} = 0,047 \text{ W/mK}$
Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit (ONORM B-6015-5:2003)	$\lambda_s = 0,050 \text{ W/mK}$
Brandschutzklasse	Euroklasse E gem. EN 13 504-1
Biologische Stabilität	Klasse 2
Strömungswiderstand	mind. 1,9 kPa s/m <sup>2</sup> / 2,7 kPa s/m <sup>2</sup>
Wasseraufnahme	max. 6,96 kg/m <sup>2</sup>
Lieferform	Einzelballen, palettiert (Jumbopaletten: 2400x1250x2100mm)
Lieferdicken/ Dämmstärken	300 mm - 800 mm

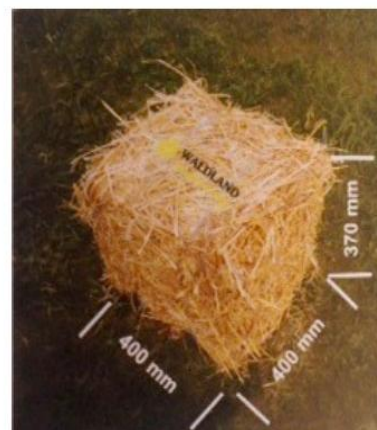


Fig. 27 Extracto de un folleto de Waldland para la estandarización de la bala de paja.

- **Cualidades de la paja en la construcción**

Con las balas de paja producimos muros bastante anchos, variando este ancho según la colocación de los fardos, pero en general dentro de un promedio de 50 cm, por otro lado conseguimos valores de aislamiento y transmitancia térmica que por otro lado con otros materiales sería muy difícil, por no decir que mucho más costoso.

Las diferentes embaladoras producen varios tamaños de balas, así como formatos, para su empleo en la construcción nos interesan generalmente tamaños pequeños que se puedan transportar con facilidad, (excluiremos las balas de paja redondas), aunque también se han empezado a utilizar las “macrobalas” que aportan mejores valores de densidad y estabilidad pero precisan de mayores recursos para su colocación en obra además de mayores dificultades en su manejo.

Las balas pequeñas, más usuales a las que se hacía referencia son aquellas atadas con dos cuerdas de polipropileno, aunque este material puede cambiar, a alambre o sisal, lo más adecuado por sus características de durabilidad, resistencia y economía son las de polipropileno.

Estos fardos de paja suelen tener unas dimensiones aproximadas de 45 x 36 x 100 cm, el largo varía mucho según de dónde procedan las balas, pero suele oscilar entre los 80 y 120 cm, y su peso entre 15 y 30 kg. El estándar se sitúa en la bala de 25 kg de peso y una densidad de 110 kg/m<sup>3</sup>.



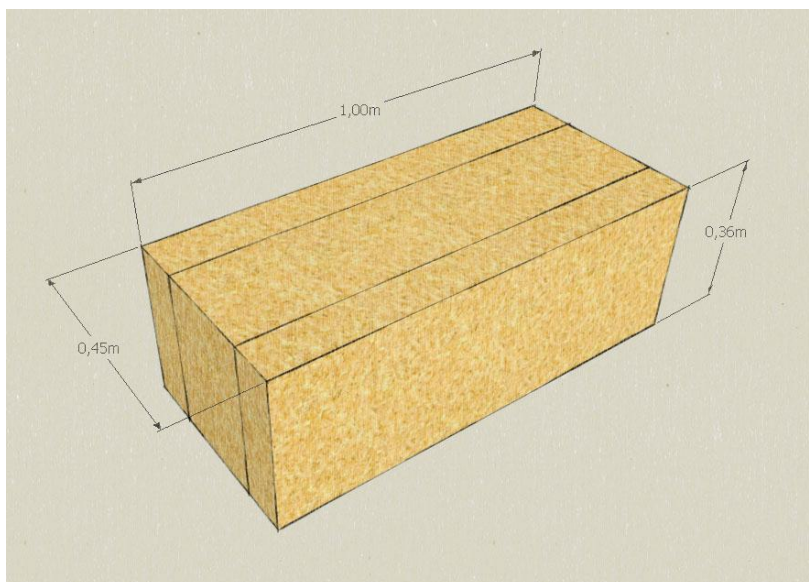


Fig 28 Bala de paja con dimensiones estándar.

Teniendo en cuenta esto nos encontramos con que las embaladoras producen fardos de paja altamente comprimido alcanzando densidades de entre 95 y 130 Kg/m<sup>3</sup>, evidentemente siempre se preferirán balas de mayor densidad.

La bala de paja estándar tendría una conductividad térmica de 0,04 W/m<sup>2</sup>K, cuando un bloque de hormigón con 4 cm de aislamiento a base de PSE tendría una conductividad térmica de 0,40 W/m<sup>2</sup>k, o un ladrillo hueco cerámico de 9 cm de espesor y 4 cm de aislamiento alcanzaría una conductividad térmica de 0,45 W/m<sup>2</sup>k.

Con esto podemos observar que los valores aislantes que alcanza la paja distan muchísimo de los materiales convencionales, si a esto le sumamos sus propiedades higrotérmicas junto a las de la arcilla que consiguen crear superficies que regulan por si mismas la humedad ambiental resulta una combinación de material es excepcional para crear espacios confortables y sanos.

Aun así, como en cualquier material también tendremos que tener especial cuidado ante ciertas circunstancias, en el caso de la paja el control de la humedad y su correcto aislamiento mediante un revoco adecuado aplicado de manera que garantice una buena penetración resulta crucial para el buen funcionamiento del material.

Según la ETA (European Technical Approval), la humedad de las balas de paja para que puedan considerarse aptas para la construcción debe ser inferior al 15% de su peso.

Es crucial para la calidad de la bala de paja asegurarse de que no ha estado mojada anteriormente ya que durante ese período de tiempo podría haber contraído algún tipo de

hongo cuyas esporas permanecerían en la paja, pudiendo ocasionar problemas de salubridad futuros y afectar a la resistencia de la bala.

Respecto a las respuestas de la bala de paja frente al fuego, se ensayó en Canadá el muro de balas de paja revocado con cal y se obtuvieron resultados que otorgaban un nivel de protección contra el fuego de RF 120 minutos, también se han realizado ensayos similares en Austria y Alemania pero con el muro de balas de paja enfoscado con morteros de arcilla alcanzándose los 90 minutos de resistencia al fuego, teniendo en cuenta las exigencias del código técnico a nivel de viviendas unifamiliares que son 30 minutos, los resultados fueron muy positivos.

Otro aspecto que le brinda interés a la utilización de paja en la construcción es la flexibilidad que tiene este material, los muros de paja tienen una respuesta mucho mejor ante sismos que otros sistemas rígidos convencionales, pudiendo colocar a la construcción con balas de paja dentro de la clasificación de edificaciones sismorresistentes.

Así pues, son muchas las cualidades de la paja para su empleo en la construcción aunque siempre recordando que hablamos en primer lugar de balas de paja, comprimidas y revocadas adecuadamente.

- CASO PARTICULAR DEL RECURSO DE LA PAJA EN NUESTRO ENTORNO PRÓXIMO

Como tema próximo relacionado con la paja, nos encontramos el problema ecológico creciente en el parque natural de la Albufera de Valencia.

El problema radica en la gestión del residuo del cultivo del arroz, la paja.

Frente a otros tipos de paja derivados del cultivo de otros cereales ésta prácticamente no se recoge, por las dificultades que ello requiere y que por sus características tampoco se emplea para la alimentación animal, así pues anteriormente este residuo se eliminaba por medio de la quema, con las consecuencias ecológicas que derivan de la quema de tal cantidad de paja en cada cosecha realizada.





Fig. 29 Parque natural la albufera – [www.albufera.com](http://www.albufera.com)

Desde hace siete años la Unión Europea prohibió esta práctica, dando subvenciones de hasta 476 € por hectárea a los arroceros y evitar así el impacto medioambiental que la quema suponía.

Un estudio realizado por el departamento de la Mecanización Agraria de la Universidad Politécnica de Valencia concluyó que por medio de la quema de la paja se producía una media de 2.625 Kg de CO<sub>2</sub> por hectárea de arrozal, con su gran repercusión ambiental.

Así pues con la ley europea se frenaba esta emisión de gases de efecto invernadero, pero otro problema aparecía ligado de esta prohibición, la manera de gestión del residuo de los arrozales no se especificó y lo que se instauró como práctica generalizada en la Albufera fue el abandono de la paja dentro de la marjal. Este abandono de enormes cantidades de paja de cada cosecha dentro de la Albufera provocaba la pudrición de la misma dentro del acuífero con la consiguiente producción de gas metano y consumo de oxígeno para esa reacción, esto fue desarrollando el actual problema de pudrición de las aguas del parque natural, el descenso de los niveles de oxígeno en el agua causa la muerte progresiva de la fauna que habita en los acuíferos, atentando contra la biodiversidad y poniendo en peligro el equilibrio del parque natural y los arrozales.



Fig. 30 Fangueo en la Albufera – [www.elperiodic.com](http://www.elperiodic.com)

Ante esta problemática se han abierto varios campos de investigación, entre ellos el realizado por la el departamento de Mecanización agraria de la UPV, que realizó un estudio de viabilidad para la recogida de la paja de arroz por medio de Rotoembaladoras, ya que estas están capacitadas para embalar grandes cantidades de paja en una misma bala, y utilizarla para la creación de Biocompost, aunque este estudio quedó pendiente de resolución por el alto coste que suponía al Ayuntamiento de Valencia la recogida de la paja.

Por otro lado también se están realizando estudios en Alemania que por medio de plantas de tres digestores se podría procesar el 80% de la paja de arroz para la producción de Biogas, solucionando el problema de la Albufera y generando energía verde con ello.

Pero si volvemos a las características de la paja de arroz como material de construcción, como se comentó anteriormente en la parte de materiales de este trabajo, se sitúa a la paja de arroz en el primer puesto en cuanto a resistencia. Sus condiciones de cultivo en ambientes húmedos hacen que la paja de arroz desarrolle unas características de resistencia, flexibilidad e impermeabilidad muy adecuadas para ser utilizadas en la construcción.

Por ello el embalaje de la paja de arroz por medio de empacadoras convencionales adaptadas mecánicamente para poder travesar los arrozales daría una salida dentro del mercado a la paja como material de construcción, siendo por sí misma un producto sin necesidad de procesamiento. Para ello solo se necesitaría recoger la paja y almacenarla permitiendo un correcto secado y mantenimiento para poder comercializarla, suponiendo una inversión para los arroceros en cuanto a maquinaria de embalaje pero que posteriormente generaría un beneficio por su comercialización.

Esta inclusión de la paja como material de construcción permitiría su regularización y creación de estándares de calidad.



Fig. 31 Embaladora de paja en arrozal – toma de video de tracllorens

Otra salida que se le presenta a la paja de arroz dentro del mundo de la construcción es la elaboración de paneles de paja a modo de aislamiento o tableros del tipo del OSB pero elaborados con paja, estos elementos han sido ensayados obteniendo muy buenos resultados en cuanto a resistencia, flexibilidad y coeficientes de absorción.

Aunque no sea el estudio del impacto ecológico de la gestión de la paja de arroz en la Albufera el objetivo de este trabajo final de grado sí que quería introducir este tema como una razón entre muchas otras para la utilización de la paja como material de construcción que supondría la solución para uno de los grandes problemas ecológicos que tiene Valencia, además de abrir un campo diferente dentro de la construcción, enlazado con la conservación del medio ambiente y la reducción del consumo energético.

### 4.3 REVOCOS

Como en cualquier otro tipo de muro el revoco también es una parte fundamental del muro de balas de paja, por lo tanto su adecuación y buena colocación irá ligada a la respuesta futura del muro a las sollicitaciones a las que se vea sometido.

Se confía la protección del muro de balas de paja a este revoco, pero no se pretende que este revoco sea simplemente una capa de protección contra los agentes atmosféricos sino que deberá trabajar ligado al funcionamiento del muro, potenciando sus cualidades y añadiendo mejoras en otros comportamientos.

Así pues la correcta elección de un buen mortero podrá conseguir que saquemos el mejor rendimiento posible a las cualidades del muro de paja. Empezando por el bajo impacto ecológico, su transpirabilidad y aislamiento térmico.

Buscaremos en primer lugar materiales naturales que supongan un bajo coste energético y que precisen de la menor manipulación, la arcilla y la cal serán así los elementos principales para la elaboración de morteros para revocos, pudiendo combinar sus características de impermeabilidad y transpirabilidad con el porcentaje que se utilice de cada uno. La arcilla y la cal combinadas con arena y paja podrán dar lugar a una gran variedad de morteros con diferentes características que permitirán la satisfacción de las diferentes necesidades del muro de paja.

La arcilla juega un papel aglomerante dentro del mortero, mientras que la incorporación de arena otorgará dureza y estabilidad, añadiendo paja el mortero tomará un carácter más elástico que nos permitirá reducir el riesgo de grietas. La agregación de cales dará una estabilidad mucho mayor frente a la humedad, aunque se debe estudiar con antelación cuál debería ser la proporción de cal para no obtener efectos contraproducentes, teniendo en cuenta que la principal característica de los muros realizados con balas de paja es que transpiran, así pues con un exceso de cal o la incorporación de una capa de cal de forma de barrera podría provocar desconchamientos.



Fig. 32 Esgrafiados sobre arcilla – Bill y Athena Steen.



Fig. 33 Revoco con relieve.

Con el empleo de estos materiales trabajables y de bajo impacto ecológico, se permite la opción a parte de la realización de revocos con acabados convencionales, de crear otras superficies con relieves y acabados muy diversos, que dejan un amplio abanico de posibilidades, uniendo en algunos casos las posibilidades de acabados de los revocos con la escultura. Estos materiales, que no fraguan sino que secan o endurecen permiten el trabajo de los mismos durante más tiempo brindando infinitas posibilidades, desde esgrafiados a relieves y texturas.



Fig. 34 Revoco de arcilla en esquina – [www.casadepaja.es](http://www.casadepaja.es)



Fig. 35 Revocos con esgrafiados y colores – Bill y Athena Steen.





Fig. 36 Revocos con texturas – Bill y Athena Steen.

Como componentes principales de los morteros de revocos tenemos;

- **La Arcilla.**

La arcilla es una estructura mineral formada por silicatos, producto del desgaste químico del feldespato.

Las moléculas de la arcilla en contacto con el agua son planas a modo de escamas circulares y al secar se encogen, tienen una granulometría muy fina de 0,002 mm de diámetro.

Su comportamiento cuando se combina con el agua es muy plástico con capacidades adherentes. Una vez seca se presenta dura y quebradiza.

La hidratación de la arcilla previa aplicación será también fundamental, ya que ésta va adquiriendo sus propiedades y características plásticas por medio de este proceso de hidratación.

La arcilla se encuentra generalmente en el suelo mezclada con arena, limo, grava y materia orgánica, dando lugar a la que conocemos como tierra arcillosa.

Es importante regular el contenido de arcilla en los morteros, para poder predecir el comportamiento del mortero con la cantidad de sus componentes.

La arcilla tiene propiedades hidrófilas, cuando se moja crea una barrera para el agua, aunque al volver a secarse como se comentaba anteriormente encoje provocando grietas, como material en seco absorbe la humedad ambiental ayudando a regular el porcentaje de humedad, siendo así perfecta para combinarla con la paja y mantener ese comportamiento del muro que transpira y ejerce de regulador de la humedad.



Fig.37 Paleta de arcillas de colores de ecoclay.

Además de trabajar conjuntamente con la paja con las anteriores características la arcilla aportará una cierta inercia térmica al muro, complementando así ambos materiales. La paja tiene una inercia térmica muy baja pero al combinarla con la arcilla adquiere nuevas cualidades térmicas.

Existen arcillas de muchos colores, brindando muchas posibilidades para los morteros dedicados a acabados superficiales, según el tipo de arcilla también tendrán ligeras diferencias en cuanto a su comportamiento.



Fig.38 Arcilla con diferentes tipos de criba

Otro aspecto que hace del uso de la arcilla aún más interesante es la poca cantidad de energía necesaria para su preparación para el uso, volviendo a situarnos dentro de la conciencia del ahorro energético y la ecología.



- **La Cal.**

Por otro lado encontramos como un segundo elemento principal a la cal, por la aportación de características hidrófugas y resistentes ha sido un material altamente utilizado en el ámbito de la construcción, se empezó a utilizar en dicho ámbito hace miles de años, ya los egipcios utilizaron la cal en sus construcciones.

Los morteros de cal y pinturas de cal forman parte de la cultura constructiva de nuestro país, antiguamente con una alta producción de cal en hornos tradicionales.

Hoy en día la cultura relacionada con la producción de cal está muy localizada, el cemento sustituyó su uso y poco a poco fueron desapareciendo la mayor parte de los hornos de cal. No obstante la cal sigue aportando muchas características adecuadas para la construcción actual, la ausencia de retracciones mecánicas, la plasticidad, elasticidad, causticidad higiénica y sin dejar de lado que es un material natural, aporta a los morteros una gran resistencia al agua, aunque sin apartarnos completamente de ese carácter de transpirabilidad que se intenta mantener en las edificaciones con fardos de paja y sin contenido de sales solubles ni aditivos dañinos. Además su endurecimiento vía carbonatación supone una menor emisión de CO<sub>2</sub>.

La cal aísla del agua a la paja pero a la vez no resulta una barrera hermética contra el vapor de agua admitiendo una cierta transpirabilidad, aunque menor que la de la arcilla o la paja.

La Norma Europea UNE-EN 459-1 distingue, en función de su composición química dos grupos de cales;

<b>CALES AÉREAS</b>	<b>CÁLCICAS</b>	Producto de la calcinación de rocas calcáreas puras con > 95% de contenido de calcio
	<b>DOLOMÍTICAS</b>	Producto de la calcinación de piedras dolomíticas que contienen magnesio (> 4% de contenido de magnesio).
<b>CALES HIDRÁULICAS</b>	<p>En las cales hidráulicas las piedras calcinadas contienen arcillas ricas en sílice, aluminio y hierro (contiene ente un 20 y un 25% de estos otros componentes). La característica principal de este tipo de cales es su capacidad de endurecer con el agua. Hay gran tradición de este tipo de cales en Francia, contienen más impurezas y son menos blancas.</p> <p>Es importante con confundirlas con las aéreas ya que su contenido de silicatos provocan que adopten un comportamiento diferente, más parecido al del cemento.</p>	

Fig. 39

Las cales que se han utilizado tradicionalmente en España para la construcción son las cales aéreas, producidas por la calcinación de rocas calcáreas o dolomíticas puras, constituidas por óxido de calcio y/o magnesio. Este tipo de cales tienen un endurecimiento lento llevado a cabo por medio de la carbonatación, es decir que endurecen por medio de la absorción de dióxido de carbono presente en el aire.

La roca caliza [CaCO<sub>3</sub>] por medio de los hornos de cal se calienta hasta una de temperatura que puede variar entre 900 y 1000 °C, mediante este proceso se produce una deshidratación de la caliza dando como resultado el óxido cálcico [CaO] + CO<sub>2</sub>, que es lo que se conoce como cal viva, posteriormente para su utilización se procede al apagado de la cal, que viene a ser la

hidratación de la misma, obteniendo de ello el hidróxido de cal  $[Ca(OH)_2]$ , este proceso de apagado va ligado a una reacción exotérmica.

Dentro de lo que es el apagado de la cal se pueden distinguir dos métodos que darán productos diferentes;

El Apagado con poca agua, que es el que se denomina apagado de hidratación seca por realizarse con la cantidad justa de agua para obtener un producto seco, que es sólo la mitad del peso de la cal, a continuación se muele y se pasa por una serie de tamices hasta obtener la cal apagada en polvo.

Y por otro lado el apagado con exceso de agua que es el que dará lugar a la cal en pasta, que se realiza con la inundación de la cal con agua y luego esta pasta se dejará envejeciendo como mínimo seis meses, adquiriendo unas propiedades completamente diferentes a medida que pasa el tiempo a causa de un proceso de microcristalización, cambia su estructura a base de cristales grandes a cristales más pequeños, en su envejecido se le van añadiendo propiedades únicas de adherencia, plasticidad, trabajabilidad, elasticidad y se obtiene una mayor resistencia inicial siendo la carbonatación más ágil.

Será esta pasta la que se empleará mayormente para los morteros que sirvan como revoco, aunque dependiendo de las características que queramos obtener del mortero utilizaremos un tipo u otro de cal y en diferentes proporciones.

Así pues podemos resumir el ciclo de la cal en el siguiente gráfico:

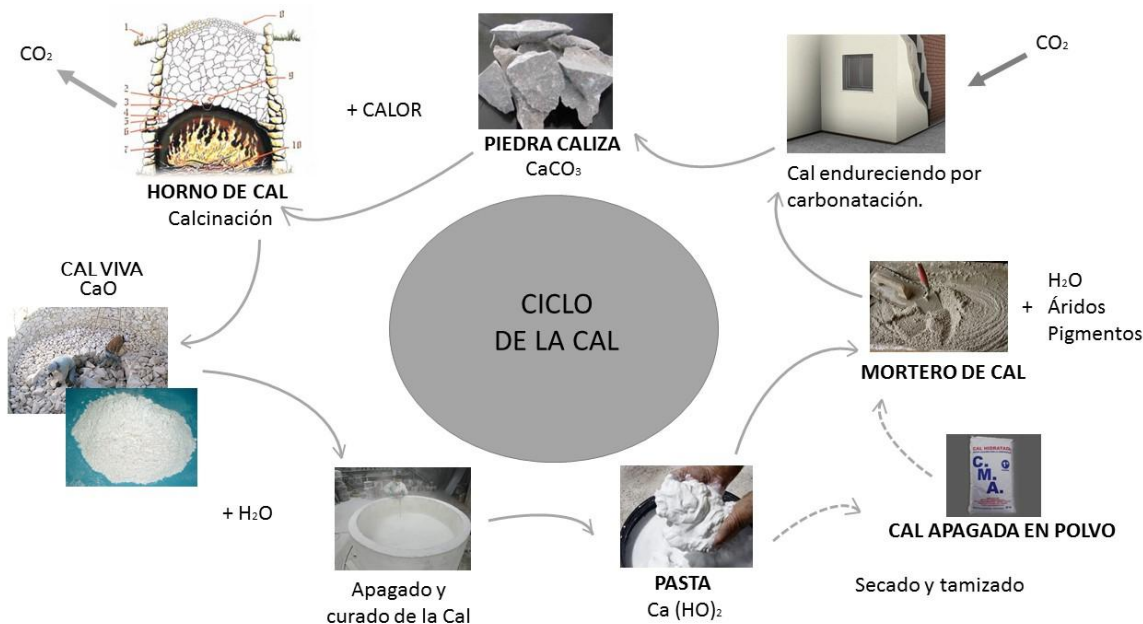


Fig.40

- **Los morteros para revoco**

Los morteros para la realización de los revocos que protegerán a nuestro muro de paja, como se ha comentado anteriormente son una parte fundamental del funcionamiento y la durabilidad del muro.

Por ello su correcta aplicación es fundamental para garantizar su adecuación, se aplicarán una serie de capas con funciones diferentes;

**Imprimación (Barbotina):** Se colocará en un primer contacto con la paja, una mezcla de arcilla con agua de consistencia fluida, para garantizar su aplicación, que debe incrustarse en la paja. Ésta capa será la encargada de garantizar la penetración del revoco en la paja evitando que se cree una pequeña capa de aire entre la paja y el revoco. Esta penetración dará lugar a que el revoco trabaje conjuntamente con la paja y garantizará sus buenos resultados de protección contra el fuego, ya que sin oxígeno, no hay llama.



Fig. 41 Mortero para capa de imprimación (barbotina).



Fig. 42 Aplicación de la barbotina sobre el muro de paja.

**Capa de Cuerpo:** Ésta capa será la encargada de dar grosor y aportará las propiedades principales del comportamiento de la tierra trasladados al funcionamiento del muro de paja. Está formada por arcilla, arena, fibra (paja suelta) y agua, tendrá de dos a cinco centímetros. Su consistencia será bastante blanda para permitir su puesta en obra pero no tan fluida como la barbotina, ya que debe permitir un mayor agarre y dará “cuerpo” al revoco. Las briznas de paja le aportan una consistencia y coherencia que evitará retracciones y desprendimientos en el revoco.



Se puede hacer en varias capas para aportar otras características al revoco, cambiando progresivamente la composición de la capa, pudiendo empezar a incorporar cal progresivamente por capas si se trata de un revoco de exteriores o de cuartos húmedos.

Además otra característica de esta capa del revoco es que va a permitir crear relieves e incluso parte de mobiliario debido a su consistencia.



Fig. 43 Mortero hidratado para la capa de cuerpo.



Fig. 44 Mobiliario realizado con mortero de cuerpo y cañas.



Fig. 45 Aplicación de la capa de cuerpo.



Fig. 46 Relieves con la capa de cuerpo.

**Capa de acabado:** Es la capa final del revoco, dará el aspecto final al muro y además será la capa más expuesta a los agentes externos. De aspecto mucho más fino, también dependiendo del tipo de acabado que se esté buscando, está formada por arcilla fina, arena tamizada, y agua, pudiendo añadir cal en caso de buscar características hidrófugas, como en caso de exteriores, en caso de revocos interiores poco expuestos no sería necesaria la incorporación de cal, en caso

opuesto donde se necesite una gran protección contra el agua se pueden realizar morteros de cal para realizar esta capa.

Se puede combinar esta capa de acabado con pigmentos o aditivos dentro del propio mortero de acabado o incluso protegiendo el mismo posteriormente con algún tipo de pintura, aunque hay que tener en cuenta que las pinturas plásticas no serán lo más adecuado debido a su impermeabilidad también al vapor de agua.



Fig. 47 Aplicación de capa de acabados con distintos



Fig. 48 Resultado de diferentes morteros de acabado.

Es importante que a la hora de realizar morteros bastante impermeables (por ejemplo aquellos destinados a exteriores o dentro de cuartos húmedos) no se realice la capa rica en cal como una capa final de cobertura ya que esto podría provocar condensaciones en la cara interna de la capa y causar que en un futuro ésta se desconche, y lo mismo ocurrirá con la aplicación de algún tipo de pintura completamente impermeable.

Los muros de paja, con los revocos de arcilla se piensan principalmente para que transpiren, garantizando así su característica capacidad de regular la humedad ambiental y ayudando así a garantizar el confort. Por ello hay que tener en cuenta este concepto de transpirabilidad, aunque se tenga que proteger a los muros de un agente agresivo como es el contacto directo con el agua, hay que considerar que “tapar” ese flujo de humedad con un material demasiado impermeable puede causar problemas.

Otro aspecto importante a la hora del control de los morteros y para prever su acabado y comportamiento finales se deben hacer catas con los diferentes morteros estudiando su proceso de secado y endurecimiento y pudiendo garantizar así unos mejores resultados en la puesta en obra.





Fig. 49 Muestras clasificadas de distintos revocos.



Fig. 50 Aplicación de revocos de acabados para muestras.

## 5. TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS DE LA CONSTRUCCIÓN CON FARDOS DE PAJA.

Dentro de lo que son las construcciones con balas de paja, existe una gran variedad de metodologías constructivas y cada día con más variantes y mejoras que indican que este tipo de construcciones sostenibles están en auge y presentan un dinamismo basado en la continua investigación y mejora.

Todas estas tipologías constructivas dan lugar a resultados muy distintos con conceptos estructurales también muy diferentes.

Como principal distinción encontramos las que consideran el muro de fardos de paja como auto portante frente a aquellas que reciben la función estructural completa o parcialmente por parte de una estructura independiente, ejerciendo la paja como cerramiento exento.

Mucho se ha dicho ya sobre las principales metodologías constructivas que emplean como material de construcción las balas de paja, por eso aquí nos limitaremos a hacer una breve recopilación a rasgos generales de estas tipologías más relevantes, y nos basaremos más en las propuestas modulares que acercan este tipo de construcciones al ámbito urbano.

### 5.1. MUROS DE BALAS DE PAJA COMO ELEMENTO ESTRUCTURAL (NEBRASKA).

El método Nebraska dentro la construcción con balas de paja es el que se empleó en su nacimiento, como se comentó en la contextualización histórica, fue a finales del siglo XIX en Nebraska, de la mano de la llegada de las embaladoras de paja, en ese momento y en esa búsqueda que tenían los colonos de realizar edificaciones rápidas y sencillas de ejecutar, se usaron esos fardos de paja que tenían como residuo de la agricultura para crear muros portantes.

Por eso hoy denominamos como Nebraska a las estructuras de paja auto portantes, ya que fue allí donde se empezó a construir con dicha técnica.

Éste método constructivo da una importancia muy grande a la estabilidad y resistencia de las balas de paja, demostrando por si misma sus enormes aptitudes para su uso en construcción. Pero a la vez al construir con muros portantes de paja, el perfecto estado de la misma es

fundamental, el nivel de humedad, su compresión, forma y colocación serán lo que determinará la resistencia y estabilidad del muro.

Los muros de balas de paja en este caso se encargan de soportar el peso de la cubierta sin ayuda de ningún otro marco estructural, se colocan los fardos de paja a modo de bloque, a contrajunta y por hiladas, cosiéndose entre hiladas por medio de estacas, y antes de la colocación de la cubierta se comprimirán los muros para controlar mejor el descenso que experimentará la fábrica al entrar en carga.

Esta tipología pionera en la construcción con paja, se destaca por ser la más sencilla en lo que respecta a las construcciones con fardos de paja, por eso suele ser la más elegida para la autoconstrucción, por su sencillez y rapidez de ejecución, así como la baja necesidad de recursos.

El Reino Unido e Irlanda son los lugares con más casas de fardos de paja por medio de muros auto portantes que se han registrado y legalizado, su tradición en cuanto a este tipo de construcciones ha dado lugar a una mayor confianza en cuanto a las propiedades estructurales de la paja y a que se construyera con muros auto portantes más extendidamente y con toda variedad de formas y diseños.

Aunque por otro lado a nivel más profesional y sobretodo en nuestro país, esta metodología queda por detrás debido a las dificultades que presenta el hecho de considerar la paja como elemento estructural, ya que el código técnico no contempla este material como tal, así pues, las líneas de desarrollo e investigación referentes a la construcción con paja se han orientado más hacia otros sistemas mixtos con otros elementos colaborantes a nivel estructural.



Fig. 51 Edificaciones auto portantes por Amazon Nails en el Reino Unido.



Fig. 52 Domo de balas de paja del arquitecto G. Minke en Eslovaquia.

- **Aspectos positivos de los sistemas auto portantes.**

- El sistema Nebraska tiene como característica principal que no precisa de madera u otro elemento para la realización de la estructura, por lo que resulta muy adecuada en lugares con escasez de madera.
- Resulta un método simple, por eso es el mayormente elegido a nivel de autoconstrucción, ya que no precisa para su ejecución un gran conocimiento sobre construcción.
- Su rapidez, levantar muros resulta muy rápido con esta técnica, por sus dimensiones y facilidad de colocación.
- Brinda amplias posibilidades a la hora de realizar formas curvas y variados diseños sin mucha dificultad.
- Al reducir los materiales de construcción casi únicamente a la paja para la mayor parte de la edificación su coste también es inferior.

- **Aspectos negativos de los sistemas auto portantes.**

- El estado de la paja es crucial, así se tendrá que tener un mayor control sobre la procedencia de la paja, su humedad, forma, etc. El problema principal será el acopio de material en condiciones adecuadas para que se mantenga en perfecto estado de humedad, sobre todo cuando se trate de construcciones relativamente grandes.



- Tiene limitaciones en cuanto a la realización de edificios grandes, necesitando arriostramientos y otro tipo de refuerzos, con un máximo de 6 m de longitud de muro recomendada y 7 hiladas de altura.
- Es más difícil en este tipo de construcción mantener la plomada, debido al tamaño y forma de las balas de paja obliga a controlar el plomo y la planeidad continuamente.
- Es difícil prever la altura total real que tendrá la construcción debido a la compresión que se efectúa sobre el muro de paja al entrar en carga, aunque las balas de paja más modernas tengan ya una gran compresión esta compresión posterior siempre tendrá lugar, por lo que resulta muy interesante comprimir el muro antes de hacerlo entrar en carga y limitar al mínimo posible este asiento posterior.
- Las aperturas que se realicen en el muro no deberán superar el 50% de su superficie, por eso mismo se aconseja la realización de ventanas estrechas y alargadas verticalmente para favorecer mayor entrada de luz.

- **Breve explicación del proceso de construcción.**

Una vez realizada la cimentación, en este tipo de construcciones no hay limitaciones en cuanto a la utilización de las cimentaciones convencionales, aunque sí que es necesaria la realización de sobrecimentaciones que eleven las balas de paja del suelo, evitando así el contacto directo con la humedad, que afecta altamente al material.

Existen gran variedad de sobrecimentaciones, se pueden realizar de hormigón, con ladrillo cerámico tomado con mortero, con muretes de mampostería, neumáticos rellenos o bloque de hormigón entre otras opciones. Lo importante es que en esta sobrecimentación se realice una barrera que impida la ascensión del agua hasta nuestro muro de paja.



Fig. 53 Sobrecimentación neumáticos - [www.casadepaja.es](http://www.casadepaja.es)



Fig. 54 Sobrecimentación ladrillo - [www.casadepaja.es](http://www.casadepaja.es)



Fig. 55 sobrecimentación de piedra . presentación Okambuva



Fig. 56 Sobrecimentación de bloque de hormigón.



Fig. 57 Mallorca Arq. Rafael Sala Nowotny 2006

A continuación de la sobrecimentación se coloca el marco inferior, se puede realizar con madera o con metal, aunque por compatibilidad de materiales por la gran diferencia de comportamiento siempre será más aconsejable la utilización de marcos de madera. Sobre el marco de madera con la intención de aumentar la fijación entre el marco y la primera hilada de balas de paja se clavarán sobre el marco clavos. Este marco inferior será sobre el cual se colocarán las balas de paja a rompejunta dejando los clavos del marco inferior embebidos en la paja.



Fig. 58 Marco inferior con clavos para agarre – [www.casadepaja.es](http://www.casadepaja.es)



Fig. 59 Marco inferior con estacas de agarre.



Las balas de paja se cosen por medio de estacas, lo más adecuado es que éstas sean de madera por compatibilidad de materiales y por conceptos de mayor rozamiento entre ambos materiales y por tanto mayor sujeción.

Así mismo se colocará otra pieza similar a las estacas pero doble, la grapa de esquina, que se encarga de mantener las balas en su sitio en las esquinas para que no se abran durante la ejecución.

Es importante mantener un control continuo en la colocación de las balas de paja para evitar huecos que posteriormente habrán de ser rellenados con paja suelta con la dificultad añadida que esto pueda aportar para comprimir esta paja.

A medida que se suben hiladas resulta interesante la colocación de unas guías para garantizar el plomo de los muros además estabilizarlos durante su construcción

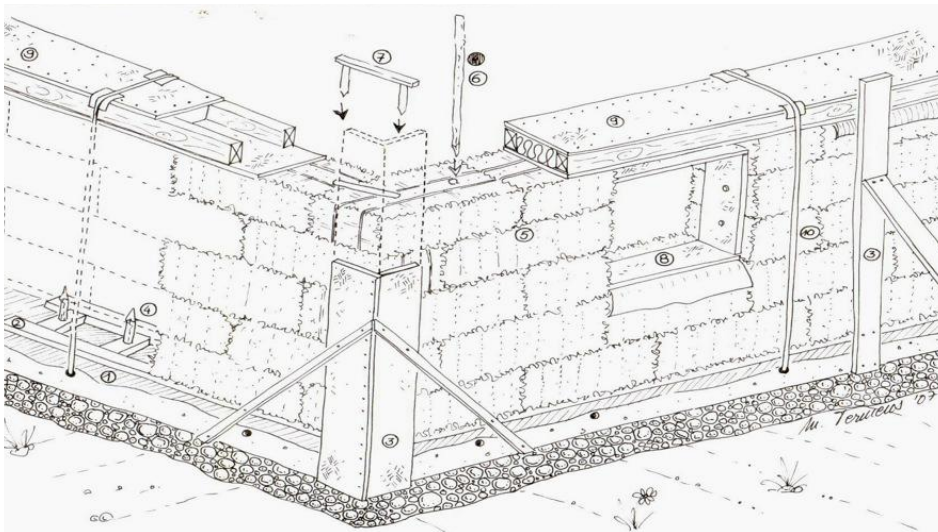


Fig. 60 Dibujo de ejecución de muro Nebraska – Maren Termens del libro *Casas de paja*.

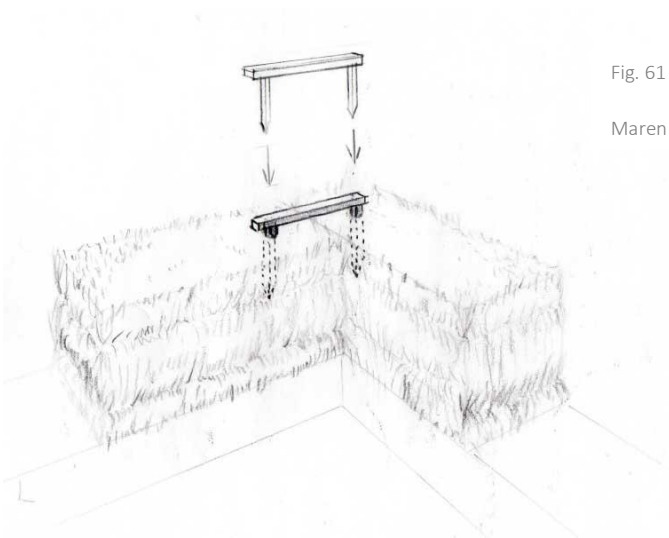


Fig. 61 Dibujo de grapa de esquina – Maren Termens del libro *Casas de paja*.

Preparadas las estructuras de carpinterías se colocarán a la vez que la construcción del muro, estas estructuras pueden ser de distintos tipos, desde los típicos dinteles a las cajas estructurales de la carpintería, dónde la misma caja ejercerá de dintel. Es importante tener presente que una vez realizado el muro tiene que comprimirse y por tanto esta compresión se debe prever también en la holgura de las carpinterías y en las dimensiones de los dinteles para evitar problemas en las carpinterías por excesiva compresión sobre ellas.



Fig. 62 Dibujo de cajón de ventana para sistema Nebraska – Maren Termens del libro *Casas de paja*.



Fig. 63 Nivelado de ventana en sistema Nebraska.

Otro trabajo de carpintería que se realizará antes de empezar el muro serán los marcos de esquina, que mantendrán las balas de paja en la posición correcta en las esquinas, se colocarán junto al marco inferior para servir además de guía para la colocación de la primera hilada de fardos, así como la colocación de montantes que sirvan como guía para conseguir el plomo del muro.



Fig. 64 Esquina de Nebraska con junta de madera para mantener el plomo.



Fig. 65 Guías para mantener el plomo.



A continuación, realizado ya el muro completamente se procede a la colocación del marco superior, éste, muy parecido al marco inferior se puede realizar también con madera, metal u otro material, aunque como se ha comentado anteriormente es importante seguir la compatibilidad de materiales, así pues lo más adecuado sería el marco de madera. El marco superior ejercerá a su vez de zuncho perimetral que mantendrá al muro trabajando conjuntamente y permitirá que las cargas derivadas del peso de la cubierta o del forjado superior se repartan equitativamente sobre el muro, evitando así el punzonamiento.

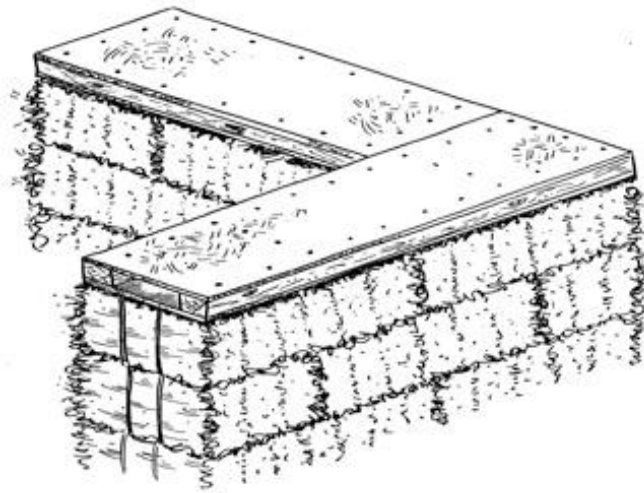


Fig. 66 Zuncho superior para sistema Nebraska- Maren Termens del libro *Casas de paja*.

Una vez colocado el marco superior es importante como se comentaba anteriormente comprimir el muro. Esto se puede realizar con diferentes métodos, con cinchas de camión, amarres con flejes textiles o plásticos, por medio de varillas roscadas, etc.

Estos elementos para ejercer la compresión sobre el muro se colocarán cada 1,5 – 2 metros y se tensarán alternamente, comprobando a la vez el nivel del marco superior.



Fig. 67 Compresión de muro Nebraska con cinchas de camión.

Una vez aplicada la compresión en el muro se amarrará por medio de cables de tensión o similares para sujetar la presión para proseguir con el siguiente forjado o la cubierta.



Fig. 68 Atado de muro comprimido con cables – [www.casadepaja.es](http://www.casadepaja.es)

Por último, y aquí ya nos apartamos de lo que respecta específicamente a la construcción con muros autoportantes, los acabados con revocos de arcilla y cal deberán proteger en toda la superficie a la paja, y como en cualquier tipo de construcción, el agua es un enemigo para la durabilidad, una buena impermeabilización, un diseño adecuado pensando en goterones y grandes aleros protegerán a la edificación de los agentes atmosféricos y evitarán la aparición de posteriores patologías.

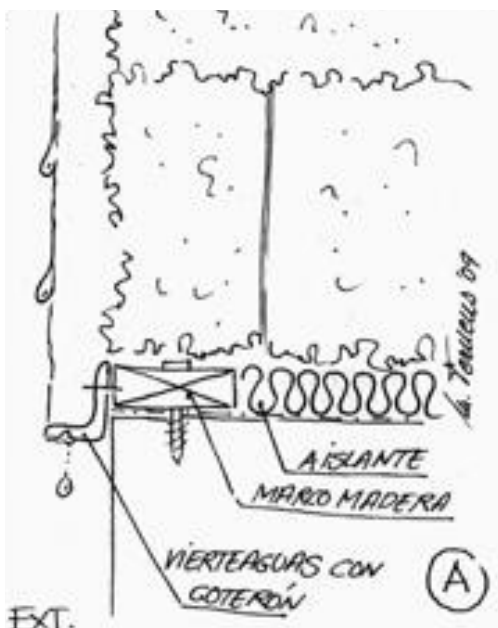


Fig. 69 Dibujo de vierteaguas bajo muro – Maren Termens del libro *Casas de paja*.

## 5.2. ESTRUCTURA CON POSTES Y VIGAS.

Al contrario que el sistema Nebraska, el sistema de postes y vigas, como su nombre indica está basado en una estructura de postes y vigas que toman la función estructural, relegando a la paja a una función de cerramiento, exenta de las cargas de otros forjados y cubierta.

Esta tipología constructiva es la que en general prefieren los técnicos, ya que se adapta perfectamente al código técnico y la reglamentación, en el marco legislativo español es mucho más fácil conseguir visados y licencias con este sistema ya que se confía la estructura a materiales catalogados como pueden ser, la madera, el acero, el hormigón o el ladrillo cerámico entre otros, aunque nuevamente volvemos al concepto de la edificación que trabaja conjuntamente, son preferibles las soluciones de madera, material orgánico que transpira, es higroscópico y tiene un comportamiento similar a la paja.

Pero en esta zona tenemos bastantes limitaciones en el uso de la madera, ya que al ser un recurso escaso, encarece notablemente la construcción, y más concretamente en el sistema de postes y vigas que requiere de un gran trabajo de carpintería en cuanto a fabricación de piezas y montaje en obra.

Así pues, como siempre la elección de la tipología constructiva a emplear dependerá de muchos factores a tener en cuenta, los recursos accesibles, el presupuesto, la geografía, etc.

Además dentro de lo que a este sistema constructivo respecta encontramos infinidad de posibilidades, tantas como diseños posibles, jugando con el reparto de las cargas entre vigas y postes cada diseño tendrá sus características y su conexión con el cerramiento de paja, ya sea dentro del mismo cerramiento, interior o exterior. Dependiendo de estas posiciones se deberán tomar diferentes soluciones para evitar puentes térmicos, al colocar el cerramiento alejado de la estructura se minimizarán los puentes térmicos, aunque por otro lado la estabilización de los muros de paja será más difícil al no estar conectados a la estructura, al igual que se generaría un espacio sin uso entre el cerramiento y la estructura.

Otra opción a realizar ante estos problemas sería una solución entre ambas, insertar parte de la estructura en las balas de paja de esta manera se reducen los puentes térmicos respecto a las opciones de mantener la estructura completamente interior al cerramiento, aunque aumente el trabajo de corte de las balas de paja para adaptarlas a esta conexión.



Fig.70 casa con sistema postes y vigas - Baubiologie.at (Austria)



Fig. 71 La maison des Vergers, Vermont, Francia – www.compailons.eu

- **Aspectos positivos de los sistemas con postes y vigas.**

- En la construcción con vigas y postes, al realizar independientemente la estructura y el cerramiento, nos permite montar la cubierta antes de traer las balas de paja a obra, pudiendo acopiarlas mientras en un lugar seco y adecuado para mantenerlas en perfectas condiciones y colocarlas en obra una vez el espacio esté protegido de la lluvia por la cubierta.
- Se puede realizar la estructura en taller y limitar a obra su montaje, pudiendo traer así las piezas perfectamente preparadas para encajar con exactitud.
- Se evitan descensos en los muros debido a una compresión posterior al entrar en carga por el peso de siguientes forjados y cubierta.
- En este caso la apertura de huecos en el muro no están limitadas como en el caso de los muros auto portantes, pudiendo realizar aperturas mucho mayores manteniendo la estabilidad de los huecos.
- No hay limitaciones dimensionales, con un adecuado cálculo estructural se pueden realizar edificaciones con muchas alturas y mayores luces.

- **Aspectos negativos de los sistemas con postes y vigas.**

- Precisa de una gran cantidad de madera, así como de conocimientos específicos de carpintería de armar, con lo que se elevará el precio final de la obra.
- Tiene una dificultad de ejecución mayor que en la tipología Nebraska y precisa de un cálculo estructural más complejo.



- **Breve explicación del proceso de construcción.**

Aunque en definitiva el proceso de construcción mediante postes y vigas dependerá de su diseño, y este puede variar ampliamente desde la posición de la estructura hasta la forma de la misma, se pueden realizar pilares y vigas de mayor sección y reducir su número o por ejemplo hacer postes con el mismo ancho que las balas de paja que permitan integrar el cerramiento en la estructura, utilizándola a la vez para estabilizar el muro de paja. De este modo se contará con el cerramiento de paja a la hora de diseñar la misma facilitando así su ejecución al adaptarse a las dimensiones de las balas.

Aunque la estructura y el cerramiento se conciban como elementos independientes se deberán resolver adecuadamente los encuentros entre ambos elementos para evitar puentes térmicos y ayudar a arriostrar el muro de paja y crear un conjunto sólido con conexión entre estructura y cerramiento.

Igualmente que en el caso del sistema auto portante la cimentación podrá ser totalmente convencional, adaptada al sistema estructural, con refuerzos bajo pilares.

De la misma manera que hay que proteger la paja de la humedad del suelo, también se protegerán las cabezas de los pilares de madera evitando el contacto directo con el suelo. Igualmente que en sistema descrito anteriormente se colocará un marco inferior sobre una barrera impermeable para la paja y por otro lado se permitirá el drenaje bajo los postes y se protegerán sus bases frente a la humedad.

A continuación se procede al montaje de la estructura de madera, con la integración en la misma de las jambas y premarcos de las carpinterías, en el caso de los postes con el mismo ancho de las balas de paja se irán colocando de manera que luego se puedan hacer coincidir las balas dentro de la estructura.

Una vez montada completamente se podrá ejecutar la cubierta, buscando crear un espacio protegido a la hora de la colocación de las balas de paja.

Seguidamente se levantará el cerramiento con los fardos de paja según lo previsto, siguiendo el mismo procedimiento que se utiliza para el sistema Nebraska, aunque adaptándose a la estructura existente y conectando el muro de paja con la misma.

Igualmente la compresión del muro es muy importante ya que su estabilidad irá ligada a esa compresión.

Esta compresión se puede lograr usando marcos compresivos, o con los mismos métodos que se emplean para los muros de carga. La opción más sencilla es el uso de un gato hidráulico, colocando un tablón de madera sobre la hilada de balas de paja y el gato ejercerá presión uniforme sobre esta superficie y la estructura. Se comprime el muro hasta crear un hueco unos 10 centímetros superior a la bala de paja que posteriormente se introducirá en el espacio, hay que dejar la presión sobre el muro unos 45 minutos y a continuación se retirarán los gatos y se colocará la última hilada de fardos de paja.



Fig. 72 Sistemas de compresión de muros en métodos donde la paja es relleno.  
Presentación Okamvuva.

Por último igualmente que en cualquier otro método constructivo habrá que proteger la paja por medio de revocos, en este caso se debe tener especial atención a los encuentros entre los cerramientos de paja y la estructura para evitar fisuras y grietas por el cambio de material y evitar zonas no estancas entre ambos.



Fig. 73 Proceso de montaje de una casa de paja con postes y vigas estructurales – [www.compaillons.eu](http://www.compaillons.eu)

### 5.3. TÉCNICA GREB.

La técnica GREB se desarrolló en Quebec, Canadá, a principios de los años noventa por un grupo llamado “Groupe de Recherche Écologique de la Batture”, de ahí el nombre de la técnica que fue importada a Europa por los franceses Vincent Brossamain y Jean- Baptiste Thévard, y posteriormente en el año 2000 cuando se construyó la primera casa siguiendo esta misma metodología.

Esta técnica cuenta con una estructura de listones de madera de 100 x 40 mm combinada con una parte de mortero espacial (mortero GREB) que colaborará estructuralmente, este entramado estará relleno de paja. En esta tipología la paja está exenta de funciones estructurales, relegada al relleno de los muros.

La cantidad de madera necesaria para este tipo de construcciones es menor a la requerida en los sistemas de postes y vigas pero a diferencia del sistema C.U.T el elemento colaborante estructuralmente no es la paja sino el mortero GREB, realizado con una mezcla de cuatro partes de serrín, tres partes de arena, una parte de cal y otra de cemento.

Se han realizado diferentes ensayos de resistencia en Alemania y Canadá, obteniendo muy buenos resultados demostrando su resistencia estructural.

Nuevamente el hecho de utilizar madera y mortero estructural hacen de esta técnica una opción más próxima a la situación actual de la construcción teniendo en cuenta las limitaciones del código técnico en cuanto a consideraciones de nuevos materiales, por esta parte la técnica

GREB ha resultado especialmente interesante en los inicios del desarrollo de la construcción con paja en el ámbito más técnico.



Fig. 74 Vivienda realizada con sistema GREB en Sagunto. Fuente: [www.casadepaja.es](http://www.casadepaja.es)

- **Aspectos positivos del sistema GREB.**

- En este sistema la paja queda completamente protegida por un recubrimiento de 4 a 6 cm de mortero, por lo que se reduce el riesgo de pudrición por contacto con la humedad y la aparta de una posible entrada de roedores, desde el primer momento de su colocación en obra.
- La cantidad de madera necesaria es menor que en el sistema de postes y vigas, ya que combina su función estructural con el mortero, resultando una opción más económica.
- Existe un solo módulo de madera a utilizar y un mismo tipo de tornillo para su fijación, con lo que se facilita su montaje, el uso de pequeños tabloncillos a modo de encofrado para el mortero también facilitan el encofrado y desencofrado.
- Como con el sistema de postes y vigas es más sencilla la ubicación de aperturas en el muro ya que se pueden adaptar perfectamente en la modulación de los listones de madera.
- No necesita una compresión mecánica de las balas de paja antes de entrar en carga.

- **Aspectos negativos del sistema GREB.**

- Se precisa un mayor uso de madera que en la técnica C.U.T, ya que aunque el mortero tenga aporte estructural las balas de paja no ejercer presión sobre la estructura de madera cumpliendo la función de arriostramiento.
- Hay que tener especial cuidado en colocar mallas por el frente de los listones de madera para evitar fisuras durante el fraguado del mortero.



- Aunque solo sea una novena parte se precisa del uso del cemento para el amasado del mortero GREB, con lo que nos apartamos ligeramente de esas características de transpirabilidad y uso de materiales naturales con bajo coste energético.

- **Breve explicación del proceso de construcción.**

Nuevamente empezaremos a construir sobre una sobrecimentación preparada de la misma manera que para cualquiera de las anteriores tipologías citadas, con una lámina impermeable que corte la posible ascensión de humedad del suelo.

A continuación, con la misma idea de marco inferior se colocan las vigas soleras, formadas por el módulo de madera a utilizar de 100 x 40 mm, las piezas de madera se unen entre ellas por medio de tornillos de 80/90.

Sobre las vigas soleras se emplazan los postes a una distancia longitudinal que permita la colocación de la bala de paja y a una distancia transversal de 60 cm, al borde exterior de las vigas soleras y reforzando los postes que sea necesario, en el caso de soportes de cambio, ángulos de las paredes, marcos de carpinterías, etc.

Durante el montaje de la estructura de madera será necesaria la realización de elementos provisionales para el arriostamiento de la misma, como por ejemplo cruces de san Andrés.

A la vez que el resto de la estructura de madera se montarán los dinteles y marcos de las carpinterías con los refuerzos necesarios, de la misma manera que se podría realizar en el sistema de postes y vigas, esta fase viene relacionada con el trabajo de carpintería al margen de la construcción con paja aunque en este caso con la peculiaridad que se trabaja con un módulo único de madera, así pues se continua con la ejecución de la estructura seguida del montaje de la cubierta.

En la superficie de los postes que quedará por delante de la bala de paja una vez colocada se clavarán clavos a poca profundidad con la intención de que sirvan de nexo para garantizar la unión entre el mortero y la madera, de la misma manera que en la construcción convencional con hormigón armado se crean los anclajes de las vigas mixtas.

A continuación se emplazan por hiladas las balas de paja en los huecos y una vez en su posición se encofra la estructura utilizando el entramado de madera como soporte del encofrado.

Una vez preparado este último se vierte el mortero ligero de serrín, arena, cal y cemento (4 partes de serrín, 3 de arena, 1 de cal y otra de cemento.) en el hueco entre la paja y el

encofrado poniendo atención al correcto vibrado y consistencia del mortero para que se rellene adecuadamente todo el espacio y consiga la adherencia deseada entre la paja y el mortero. Pasadas las 24 horas se podrá desencofrar.

Así se repite el proceso hasta cubrir la totalidad de la superficie, como acabado se enfoscará con un mortero de arcilla o cal de la misma manera que se podría realizar en el resto de tipologías.



Fig. 75 Representación de fases constructivas mediante el sistema GREB.



Trabajo Fin de Grado - Irene Romans Torres  
Grado en Arquitectura Técnica – ETS de Ingeniería de Edificación – Universitat Politècnica de València





Fig. 76 Proceso de construcción muro GREB

#### 5.4. TÉCNICAS MODULARES.

Las técnicas modulares forman parte de los últimos avances dentro del ámbito de la construcción con paja, se han desarrollado diversos sistemas y se ha abierto una amplia línea de investigación a su alrededor, sus posibilidades son muy amplias y permiten diseños acordes con la arquitectura moderna con los beneficios térmicos y estructurales de la paja combinada con la madera.

Hay muchas variedades de sistemas modulares, los que se han ido desarrollando hasta el momento generalmente tienen una gran demanda de madera, simplificándose en estructuras de entramados o cajones de madera rellenos de paja a compresión, estos módulos están diseñados y calculados para cumplir las solicitaciones de los esfuerzos para poder realizar edificaciones en alturas y de grandes dimensiones.

En esta línea de técnicas modulares se encuentra el acceso de la paja al ámbito de construcción urbana, brindando una alternativa con las mismas posibilidades constructivas que las tipologías constructivas convencionales pero añadiendo los beneficios de aislamiento y comportamiento higrotérmico excepcionales de la paja.

Así pues en vista del amplio espectro de posibilidades de los módulos de paja como material de construcción me parece que es la tipología que avanza en el ámbito de investigación y diseño pudiendo ser el futuro de la construcción con paja.

El desarrollo de un sistema modular que utilice el mínimo posible de madera sacando partido a las posibilidades estructurales de la paja a compresión, es una línea de progreso latente en este tipo de construcciones que abre una alternativa a la construcción en el ámbito urbano, su facilidad, rapidez y exactitud de montaje la hacen especialmente interesante.



Fig. 77 Edificio realizado con sistemas modulares prefabricados en Ámsterdam (2009), fuente: presentación "Use of Straw in Dutch architecture".



Fig. 78 Edificio realizado con sistemas modulares prefabricados en Kampen (2011), fuente: presentación "Use of Straw in Dutch architecture".



Fig. 79 Vivienda realizada con prefabricados de paja en Stupava, Eslovaquia, diseñada por el arquitecto Bjork Kierulf. - [www.erikbjorkarchitect.net](http://www.erikbjorkarchitect.net)



Fig. 80 Vivienda realizada con prefabricados de paja en Altenburg, Alemania, diseñada por el arquitecto Bjork Kierulf.

- **Aspectos positivos de los sistemas modulares.**

- Permiten un montaje rápido y exacto en obra.
- Los módulos se montan en taller con lo que se hace en las condiciones óptimas y sin necesidad de exponer la paja a los agentes atmosféricos.
- Existen gran variedad de diseños y posibilidades.
- Como las piezas están sometidas a ensayos y pruebas, resultan totalmente compatibles con la regularización dentro de los marcos normativos de la construcción, se pueden ensayar los módulos, al contrario de cualquier otro método constructivo que no permite ensayar sobre muros y fábrica realizados en obra.



- Sistema muy adecuado para la construcción urbana, más limpio y rápido, necesitando una menor cantidad de espacio dedicado a acopios, zona de montaje y preparación, etc.

- **Aspectos negativos de los sistemas modulares.**

- Como en cualquier sistema modular, dependiendo del sistema que elijamos el diseño de la edificación vendrá condicionado a las piezas de las que se dispongan para realizarlo.

- La industrialización y transformación de la paja en un módulo estandarizado encarece el material notablemente.

- La mayoría de los sistemas que se han desarrollado hasta ahora tienen una alta demanda de madera, y como hemos mencionado con anterioridad al tratarse de un recurso escaso en esta zona, lo encarece aún más.

- Requiere de mano de obra especializada para su montaje.

En el caso de los sistemas modulares su proceso de construcción variará completamente dependiendo del tipo de módulos y el sistema desarrollado, cada uno tendrá una metodología de montaje y unas consideraciones diferentes que el fabricante especificará.



Fig. 81 Montaje de sistemas modulares, fuente: [www.ecococon.it](http://www.ecococon.it)



Fig.82 Proceso de construcción de módulos prefabricados.



## 5.5. EL “WRAPPING”

Más que una metodología constructiva como su nombre indica el “wrapping” o envoltura es una manera de forrado de muros existentes con balas de paja para obtener mejores resultados de eficiencia energética, muy apropiado en caso de rehabilitaciones energéticas, aunque va a aportar un gran aumento de volumen a los muros, resulta una opción muy económica para obtener grandes resultados de aislamiento térmico y por tanto reducción de consumo energético.

Dentro del ámbito normativo con las nuevas leyes de eficiencia energética este método podría ser una solución económica de rehabilitar edificaciones antiguas y que cumplan con las exigencias, además de aportar una amplia serie de beneficios a la edificación.

Dentro de lo que es el concepto de forrado con balas de paja, se podrá hacer por medio de una amplia posibilidad de estructuras y sistemas todas con la finalidad de mantener las balas de paja sujetas junto al muro, teniendo en cuenta que si esta estructura depende de la capacidad estructural del muro existente se debería considerar previo cálculo.

Y por último, proteger las balas de paja con un revoco adecuado de la misma manera que se efectúa en cualquiera de las tipologías anteriores.



Fig. 83 Proceso de colocación de envoltente de paja sobre una edificación a modo de rehabilitación energética; fuente: conferencia realizada por okambuva.



## 5.6. CÉLULAS BAJO TENSIÓN (CUT – CELLS UNDER TENSION)

En último lugar y aprovechándolo como introducción a la siguiente parte del trabajo se explicará el sistema CUT en el que he decidido centrarme para realizar la comparación entre la construcción con balas de paja y la construcción convencional, como se ha expuesto anteriormente hay una gran cantidad de técnicas y cada una de ellas con unas características particulares.

El sistema de células bajo tensión es un híbrido entre los sistemas donde la paja es un elemento estructural y aquellos en los que la estructura portante es independiente de la paja.

En este caso se combina una estructura de madera mucho más ligera que en el sistema de postes y vigas y en su entramado se colocan las balas de paja, el entramado no es independiente a la paja sino que va montándose a la vez que se colocan las mimas, luego a las balas de paja dentro de los marcos de listones preparados en la estructura se les cortan las cuerdas con lo cual se expanden presionando los marcos de madera a su alrededor pasando a formar parte de la estructura. Para este método es importante que se coloquen las balas de paja sobre su lado más estrecho dejando las cuerdas que las atan orientadas hacia lo que formará el paramento.

En este método pues, se entiende la paja como un elemento colaborante para resistir las cargas del edificio, de esta manera se reduce considerablemente la sección de madera. Sigue teniendo una estructura de madera por lo que a nivel técnico es más fácilmente justificable tomando como base al código técnico de la construcción, pero dando un paso más en la dirección del aprovechamiento de las cualidades constructivas de las balas de paja.

Se trata de un sistema de montantes y tabloneros horizontales que forman celdas en las que se van insertando las balas de paja, este sistema es relativamente nuevo y fue desarrollado por el constructor Tom Rijven.

Esta idea de combinar la acción estructural de la paja con la de la madera, no tan alejada de las consideraciones de nuestro código técnico junto con sus amplias posibilidades constructivas me han acercado a la técnica para profundizar más en ella dentro del estudio comparativo de la construcción con paja y un sistema convencional con estructura de hormigón armado.



Fig. 84 Hotel situado en Haps, Países Bajos construido con sistema CUT - fuente : presentación "Use of Straw in Dutch architecture".



Fig. 85 Vivienda unifamiliar realizada con sistema CUT (2009-2011) en Veghel, Países Bajos – fuente: presentación "Use of Straw in Dutch architecture".

- Aspectos positivos del sistema CUT.

- Este sistema precisa de la utilización de una cantidad de madera mucho menor que en el caso del sistema de postes y vigas, se reduce a secciones mínimas los montantes y tableros horizontales, que se arriostrarán por medio de las balas de paja que colaboran en la función estructural, sacando mayor partido a la utilidad de la paja como material de construcción.

- Igual que en el sistema de postes y vigas el hecho de tener una estructura aparte de los fardos de paja, nos permite montar la cubierta antes de traer los fardos a obra y eliminar los riesgos de acopiarlos en la obra y colocarlos expuestos a los agentes atmosféricos.

- Se evitan descensos en los muros debido a una compresión posterior al entrar en carga por el peso de siguientes forjados y cubierta.

- Comparado con el sistema Nebraska presenta una estabilidad mayor frente a deformaciones, siendo mucho más fácil conseguir el plomo y la planeidad de los paramentos ya que se eleva el muro con los fardos de paja con los montantes como guías.

- **Aspectos negativos del sistema CUT.**

- Por otro lado como inconveniente, nos encontramos frente al sistema de muros de carga, que al igual que en la tipología de postes y vigas, tiene una dificultad de ejecución mayor debido al trabajo de carpintería ligado al sistema, aunque en todo caso al ser menores las secciones de madera a manejar y contar con menos encajes mecánicos tiene una simplicidad mayor al sistema de postes y vigas.

- Hay que tener en cuenta las juntas entre paja y madera, ya que serán puntos débiles a resolver con exactitud para que no provoquen fisuras en el revoco.

- A diferencia del sistema Nebraska con el CUT resulta más difícil la ejecución de formas curvas, ya que se juega con unos módulos rectangulares, dónde la paja y la estructura no se puede separar.

- **Breve explicación del proceso de construcción.**

Como en cualquier caso partiremos de una cimentación convencional y una sobrecimentación como las expuestas en el sistema Nebraska, con una barrera que corte la ascensión del agua y un marco inferior sobre el que empezar a colocar las balas de paja.

De la misma manera que en el sistema de postes y vigas una vez preparada la superficie de cimentación y sobrecimentación se monta la estructura de madera, en este caso se preparan en primer lugar los montantes, realizados con tablones de madera de unos 18 x 5 cm de sección, que se atornillarán por medio de angulares a una base de chapa de madera colocada encima de la sobrecimentación.

Dependiendo de la importancia estructural que se le haya dado a la madera se podrá seguir montando el resto de la estructura, incluyendo incluso la estructura de la cubierta o bien en caso de que la paja juegue un mayor papel estructural se seguirá montando la estructura a la vez que se empieza a colocar las balas de paja entre los montantes.

Se colocarán las balas de paja, como hemos comentado anteriormente de manera que las cuerdas de polipropileno que las atan a presión queden expuestas en la dirección del paramento entre las chapas de madera que ejercen de montantes.

Sobre la bala de paja, a unos 5cm de los extremos libres se realizará un corte en la superficie de la bala de paja para insertar con presión un listón a cada extremo de la bala, que irá atornillado a las chapas montantes, la función de estos listones recaerá en que al liberar la presión del

fardo de paja al cortar las cuerdas éste mantenga la presión de la bala dentro del marco. Así pues la bala ejercerá presión sobre los montantes y los listones, arriostrando la estructura “celda a celda”.

Igual que en el sistema de postes y vigas se plantearán los huecos de las carpinterías entre montantes y se colocarán los marcos entre la estructura de madera, atornillando los dinteles de los huecos a los montantes. En caso de necesitar medias o partes de bala de paja para rellenar con presión los huecos diferentes por la colocación de carpinterías, se integrará paja a presión en ese hueco para evitar en todo momento perder esa compresión de la paja entre la madera.

En este método constructivo no se comprimen posteriormente los muros ya que el entramado de madera relleno de paja resulta un conjunto sólido y compacto donde cada celda en la que se encuentra la bala de paja está a presión.

Hay que tener especial cuidado en las conexiones en esquinas para no crear puentes térmicos, solapando entramados si fuera necesario.

Se aprovecharán las juntas de las balas para crear el espacio necesario para el paso de instalaciones y los elementos como cajas de instalaciones, interruptores y tomas de luz se colocarán insertadas en la paja por medio de estacas.

El remate superior de los muros debe mantener la estructura con un zuncho o viga de atado como en cualquier otro tipo de construcción, sin precisar de un marco superior específico como en el sistema de muros portantes.

Por último, se revocarán las paredes con morteros de arcilla y cal de la misma manera que hemos comentado en las tipologías anteriores, con resultado de acabados muy similares.











Fig. 86 Proceso de construcción muro CUT

### 5.7. CONSIDERACIONES EN CUANTO A INSTALACIONES:

Como cualquier otro tipo de edificación las construcciones con balas de paja también cuentan con instalaciones de todo tipo para poder dar a las mismas las dotaciones mínimas para poder ser habitadas, instalación de Agua Caliente Sanitaria, Agua corriente, electricidad y climatización.

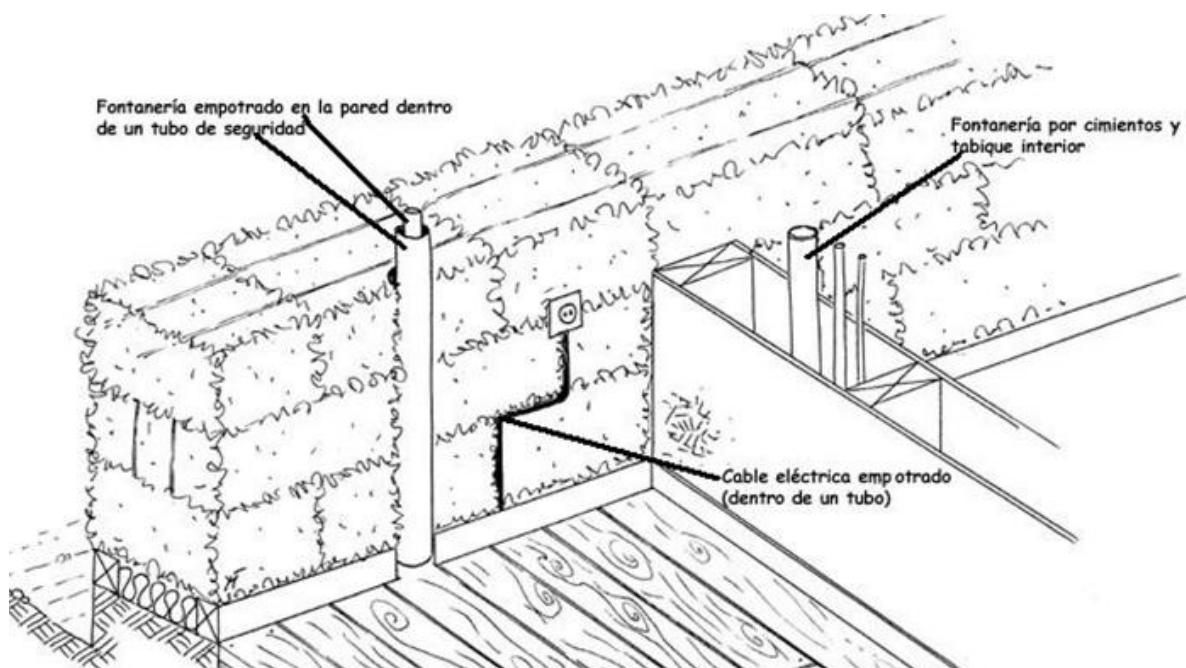


Fig. 87 Paso de instalaciones en muro de paja- Maren Termens del libro *Casas de paja*.

Para las edificaciones realizadas con balas de paja, y como en cualquier tipo de edificación es necesario que se ponga especial atención a la colocación de las tuberías por dónde circulará el

agua y las conducciones eléctricas, una fuga de agua podría ser especialmente dañina para el muro de paja, teniendo distintos tipos de gravedad según el sistema constructivo empleado.

Por ello para evitar que cualquier mínimo fallo en la instalación de fontanería o ACS derive en una patología seria, se doblarán y aislarán las conducciones de agua, para evitar filtraciones en caso de fuga o humedad por condensación a causa del salto térmico entre la temperatura del agua que circula y el muro.



Fig. 88 Canalizaciones de agua – www.casadepaja.es



fig. 89 Muro radiante – www.casadepaja.es

Para las conducciones eléctricas, de la misma manera aislaremos el cableado del contacto directo con la paja pasando los cables dentro de tubos aislados con resistencia suficiente al fuego para evitar cualquier posible riesgo de incendio. También se evitará pasar el mayor número de cableado a través del muro, de la misma manera que en la construcción convencional y se bajarán los cables a los puntos de luz lo más recto posible.



Fig. 90 paso de instalaciones eléctricas – www.casadepaja.es



Fig. 91 Cajas de registro, puntos de luz - www.casadepaja.es



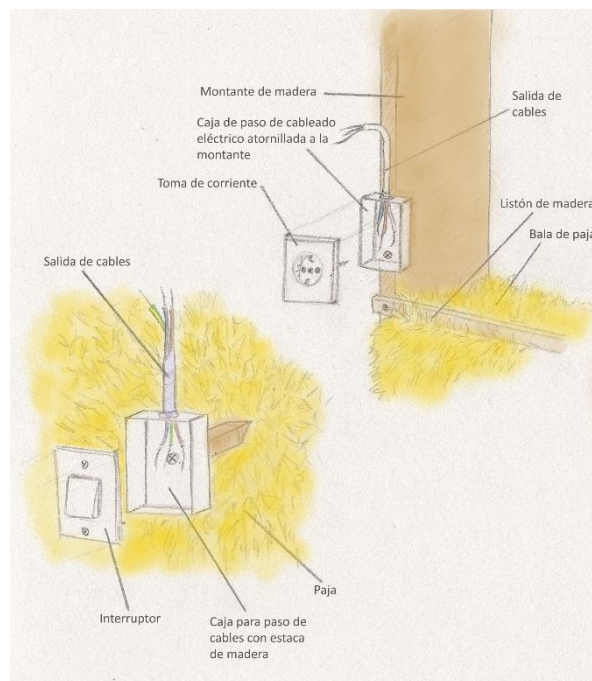


Fig. 92 Dibujo de fijación de cajas de puntos de luz sobre muro de paja.

Con la intención de aislar aún más las instalaciones de la paja desnuda es muy recomendable que se coloquen las instalaciones posteriormente a la imprimación de la primera capa de revoco con barbotina.

La posición relativa de las conducciones de las instalaciones será la misma que para construcción convencional, según dice el CTE documento HS sobre salubridad, las instalaciones de agua irán separadas entre sí al menos 4 cm y en el caso de que coincidan en el mismo plano vertical las de agua caliente irán por encima de las de agua fría.

Las instalaciones eléctricas con respecto a las de agua irán separadas al menos 30 cm, y en el caso en el que coincidan en el mismo plano vertical se podrán las canalizaciones de agua siempre por debajo de las eléctricas.

## 6. ESTUDIO COMPARATIVO DE UNA VIVIENDA CONSTRUIDA DE MANERA CONVENCIONAL CON ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO Y OTRA CONSTRUIDA CON BALAS DE PAJA (SISTEMA C.U.T)

Para realizar la comparación de la construcción con balas de paja con la construcción convencional he tomado como referencia un proyecto que se realizará en un futuro en Chiva.

Las características elaboradas tanto para el supuesto de vivienda realizada con sistema convencional de hormigón armado como para el realizado con el sistema CUT han sido determinadas tomando como base las exigencias del Código Técnico de la edificación, adecuándose al DB – SI Seguridad en caso de incendio, DB - SUA Seguridad de utilización y accesibilidad, DB – HE Ahorro energético, DB – HS Salubridad, DB – SE Seguridad estructural, DB – HR Protección frente al ruido.

A continuación se definen las características de la vivienda comunes para ambas tipologías constructivas, que corresponden al diseño más general de la edificación y posteriormente se expondrán las características constructivas específicas de cada una de las tipologías, elaborando una pequeña memoria constructiva de las diferentes opciones a comparar.

La planta obtenida del proyecto real que se va a construir, corresponde a una vivienda unifamiliar con dos dormitorios, cocina-comedor-salón y baño. Todo ubicado en una única planta baja, con un pequeño desnivel que separa la zona privativa de la zona de uso más común.

La superficie de la vivienda es de 102,73 m<sup>2</sup>, situada en una parcela exenta, sin edificaciones colindantes.

PLANTA BAJA	SUPERFÍCIE ÚTIL (m2)	SUPERFICIE CONSTRUIDA (m2)
VIVIENDA		98,80
Salón – comedor – cocina	39,93	
Dormitorio 1	11,68	
Dormitorio 2	8,91	
Baño	4,76	
Vestidor	6,60	
Pasillo	4,16	
Almacén	2,09	3,93
<b>TOTAL PLANTA BAJA</b>	<b>78,18</b>	<b>102,73</b>

VIVIENDA REALIZADA CON SISTEMA CONVENCIONAL CON ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO:

- **Cimentación:**

La cimentación estará realizada a base de zapatas y riostras de hormigón armado, las zapatas de 1,00 x 1,00 x 0,50 m y las riostras de 0,40 x 0,40 de sección con unas longitudes de 7,40, 3,80, 2,75 y 7,95 respectivamente.

Zapatas y riostras estarán realizadas a base de Hormigón HA 25/B/40/IIa, con una cuantía media de acero de 50 kg.

A continuación se ejecutará una solera de hormigón HA-25/B/20/IIa sobre un encachado de bolos terminado con una lámina impermeable que impida el ascenso del agua por capilaridad desde el terreno, la losa tendrá un espesor de 10 cm ejecutada en dos tramos, en cota 0 y en cota 0,45 m.



- **Estructura:**

La estructura estará resuelta con un forjado inclinado de hormigón armado de 25 N/mm<sup>2</sup> (HA-25/B/20/IIa) compuesto por una malla electrosoldada de 15x30 cm, armado con acero B 500 S de 1.30 kg/m<sup>2</sup>, semiviguetas armadas para canto 25 + 5 cm e intereje de 70 cm, con bovedilla de hormigón.

Y soportes de hormigón armado de 25 N/mm<sup>2</sup> (HA-25/B/20/IIa) de 0,25 x 0,25 m armados con acero B 500 S con una cuantía media de 110 kg.

También habrá una pequeña losa de escalera que dentro de la misma altura que comunica las dos cotas que hay en la planta baja realizada con hormigón HA 25/B/20/IIa de 15cm de espesor con una cuantía media de 13 kg/m<sup>2</sup> de acero B 500 S.

- **Cubierta:**

La cubierta se basará en un revestimiento de teja curva sobre el forjado inclinado, sobre el forjado se colocará una placa aislante de poliestireno extruido de 6 cm, seguido de una capa de mortero de regularización de 2 cm y sobre ella las tejas.

Canalón exterior y bajante de zinc sujeto con abrazadera metálicas atornilladas a la cubierta.

- **Cerramiento exterior:**

El cerramiento exterior tendrá dos hojas, la exterior compuesta por un mortero monocapa sobre fábrica de ladrillo cerámico hueco de 11 cm tomado con mortero de cemento M-5, seguido de un enfoscado con mortero hidrófugo en la parte interior de 2cm, cámara de aire y en ella 4cm de aislamiento de poliestireno extruido y la segunda capa formada por un ladrillo cerámico hueco de 7cm tomado con mortero de cemento M-5 y enlucido con yeso en la parte interior de la vivienda y acabado con pintura plástica.

Los dinteles se resolverán con una pieza de piedra con vierteaguas y los dinteles de los huecos con viguetas pretensadas.

- **Particiones interiores:**

Las particiones interiores estarán realizadas con ladrillo cerámico hueco de 7 cm de espesor tomados con mortero de cemento M-5, alicatado en la zona que dé al cuarto húmedo y enlucidos de yeso en las caras de la partición que den al resto de estancias con un acabado de pintura plástica.

- **Revestimientos interiores verticales y horizontales:**

Con la intención de aumentar el aislamiento de la vivienda y aprovechar el espacio para el paso de instalaciones, se colocará un falso techo continuo en toda la vivienda y sobre el mismo un aislamiento de lana de roca de 3 cm.

En el baño se alicatarán los paramentos con un azulejo cerámico de gres tanto para el revestimiento de suelos como para paredes.

En el resto de suelos de la vivienda se colocará un chapado de gres con su respectivo rodapié en todo el perímetro incluyendo los dos escalones.

- **Carpinterías:**

Las carpinterías exteriores serán de PVC con vidrios climalit de 4 + 10 + 6 cm.

La puerta de acceso será abatible sobre un eje de PVC con interior de acero galvanizado.

Las carpinterías interiores serán de MDF lacada la puerta del baño y de tablero de fibra para pintar los armarios.

- **Instalaciones de fontanería y saneamiento:**

Las acometidas y conducciones generales se colocarán de PVC con un diámetro de 200 mm, y se construirán tres arquetas de ladrillo hueco de 9 cm de espesor, una para el baño, otra para la cocina y otra a la salida de la vivienda.

Las conducciones de agua fría y ACS en cocina y baño serán de polipropileno con un diámetro de 32 mm, los aparatos llevarán sifón individual, un lavabo, un plato de ducha, un inodoro y un fregadero de cocina con su correspondiente grifería.

La montante de alimentación de agua corriente será de cobre de 18 mm de diámetro, y se colocará el contador de agua fría según las especificaciones de la norma UNE-EN 14154, Contadores de agua.

Se instalará además un calentador eléctrico para la producción y acumulación de agua caliente sanitaria, conectado a la instalación de placas solares.

- **Instalación eléctrica:**

Puesta a tierra con picas de cobre desnudo recocido de 25 mm<sup>2</sup>.

Instalación eléctrica completa para vivienda de 2 dormitorios y 1 baño, con una electrificación elevada de 9200 W.

- **Sistema de captación solar**

Sistema solar térmico para producción de Agua Caliente Sanitaria de circulación forzada compuesto por 4 m<sup>2</sup> de colector solar plano con estructura soporte para su instalación sobre cubierta de almacén que contará con acumulador de acero inoxidable de 150L, grupo circulación y seguridad, sistema de regulación y tuberías de cobre con aislamiento reglamentario.

- **Instalación de calefacción:**

Radiadores de pared eléctricos analógicos de aluminio inyectado.

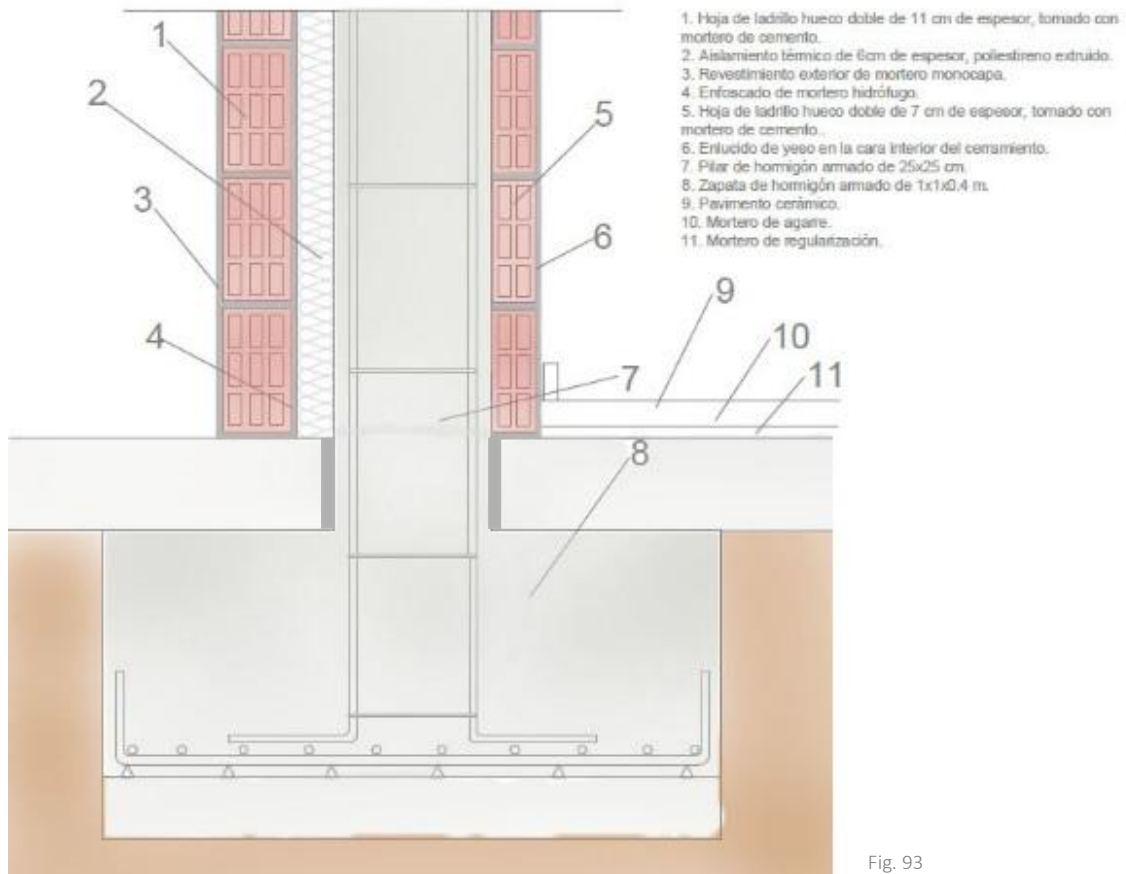


Fig. 93

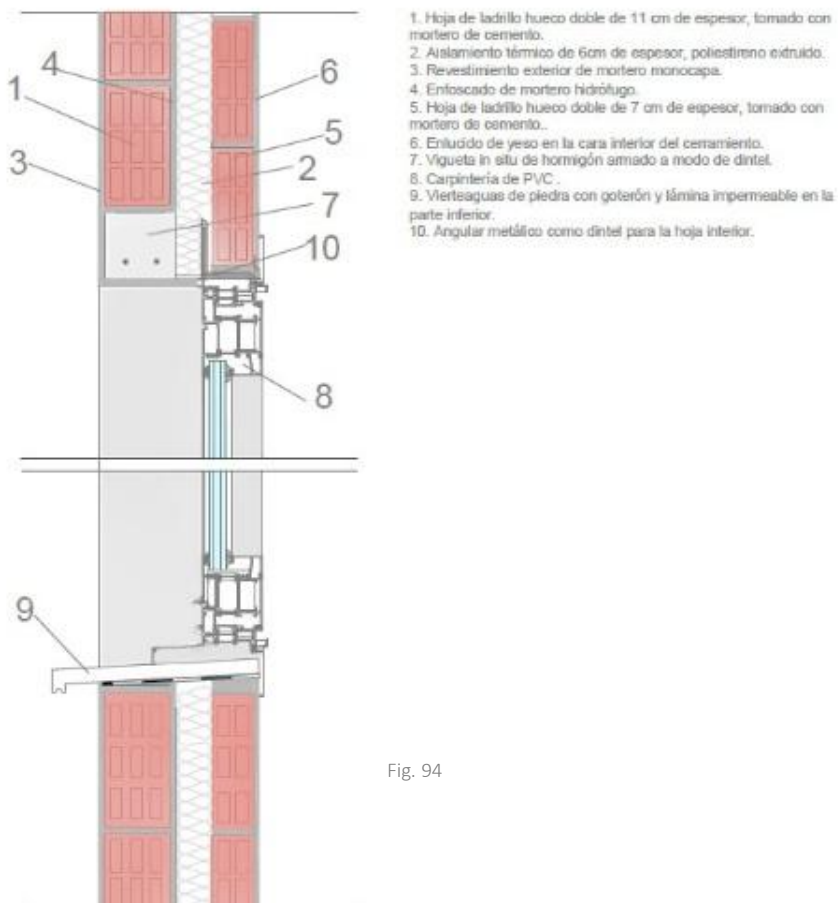
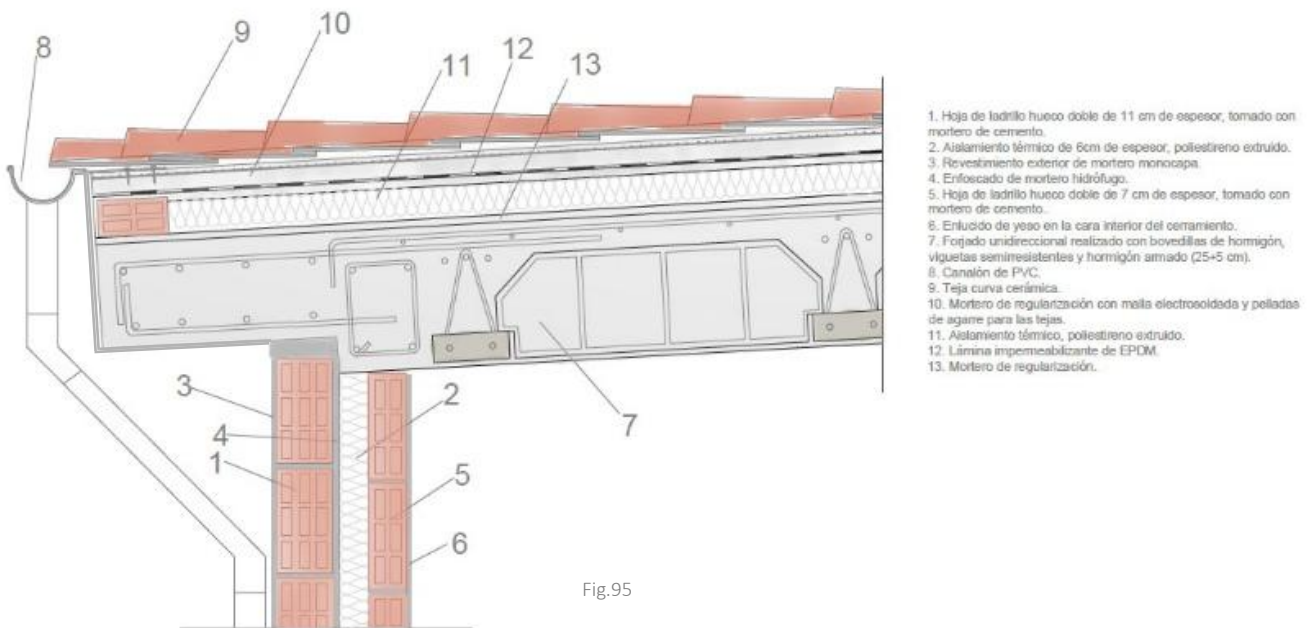


Fig. 94





VIVIENDA REALIZADA CON SISTEMA CUT REALIZADO CON BALAS DE PAJA:

- **Cimentación:**

La cimentación estará realizada igual que en el caso de la vivienda convencional con estructura de hormigón, a base de zapatas y riostras de hormigón armado, las zapatas de 1,00 x 1,00 x 0,50 m y las riostras de 0,40 x 0,40 de sección con unas longitudes de 7,40, 3,80, 2,75 y 7,95 respectivamente.

Zapatas y riostras estarán realizadas a base de Hormigón HA 25/B/40/IIa, con una cuantía media de acero de 50 kg.

A continuación se ejecutará una solera de hormigón HA-25/B/20/IIa sobre un enchado de bolos terminado con una lámina impermeable que impida el ascenso del agua por capilaridad desde el terreno, la losa tendrá un espesor de 10 cm ejecutada en dos tramos, en cota 0 y en cota 0,45 m.

Encima de la solera se ejecutará una sobre cimentación, con dos hojas de bloques de termoarcilla, formando un murete de 0,62 m de alto.

- **Estructura:**

Generalmente el sistema CUT, se ejecuta cediendo el trabajo estructural a la combinación de los tableros de madera de 18 x 5 cm con la paja encajada entre los listones y cortando las cuerdas de las balas de paja para que creen tensión entre los tablonos de madera y mantengan la estructura trabajando conjuntamente apoyándose ambos materiales.

En este caso queriendo tomar siempre el código técnico de la construcción como base para realizar la comparación de ambos métodos constructivos, ya que lo que se intenta mostrar es un tipo de construcción que se sitúe dentro de los márgenes de la legalidad y realidad constructiva, y en el caso de España la normativa no contempla a la paja como un elemento estructural que pueda ejercer una función colaborante, se ha supuesto que la estructura viene garantizada principalmente por pilares de madera estructural con una sección de 18 x 18 cm y un forjado a partir de vigas de madera de sección 0,30 x 0,15 m según las normas tecnológicas y tomando como referencia el DB- SE-M Seguridad estructural maderas, sobre las vigas un entramado de viguetas y a su vez sobre éstas un tablero de OSB.

- **Cubierta:**

La cubierta será ajardinada, sobre el tablero de OSB se colocará una lámina impermeabilizante de EPDM, sobre ésta un geotextil anti-raíces, una capa drenante de alta densidad con nódulos y a continuación irá una capa de sustrato, que será el acabado final de la cubierta.

Para la retención del sustrato se clavará un remate de madera sobre el que se pasará la impermeabilización de EPDM y al otro lado en la recogida de aguas se colocará un geotextil y sobre el mismo una capa drenante de grava retenida al final del alero por una chapa de madera rematada con una chapa de zinc.

Para la evacuación de aguas se colocará en el borde del alero una capa de grava drenante conectada a un sumidero y bajante de PVC.

- **Cerramiento exterior:**

El cerramiento estará realizado con balas de paja y chapas de madera, se continuará sobre la sobrecimentación una lámina impermeable y sobre esta una chapa de madera horizontal que ejercerá de soporte para atornillar las chapas verticales de madera de 20 x 5 cm de sección con angulares metálicos, entre las chapas de madera se colocarán las balas de paja apoyadas en su lado de menor sección, presionadas con unos listones de madera atornillados a las chapas de madera.

El cerramiento de paja se revestirá con una capa de mortero de arcilla y otra capa de arcilla y cal en el exterior y con una capa de mortero de arcilla en el interior.

Los dinteles de huecos de carpinterías se realizarán dentro del entramado de paja y madera con chapas de madera atornilladas, creando un cajón resistente a modo de marco de carpintería.

- **Particiones interiores:**

Las particiones interiores estarán realizadas con ladrillo cerámico hueco de 7 cm de espesor tomados con mortero de cemento M-5, alicatado en la zona que dé al cuarto húmedo y enlucidos de yeso en las caras de la partición que den al resto de estancias con un acabado de pintura plástica.

- **Revestimientos interiores verticales y horizontales:**

En techos a diferencia de la otra opción convencional no se colocará falso techo sino que se atornillará tablero blando de virutas de madera de 40mm de espesor y de conductividad térmica 0,040 W/m<sup>2</sup>K, con valor de resistencia de difusión con valor 5 clavado sobre las viguetas para crear una superficie continua en el interior, entre el tablero y la cubierta se colocará virutas de celulosa como aislamiento.

En el baño se alicatarán los paramentos con un azulejo cerámico de gres tanto para el revestimiento de suelos como para paredes.

En el resto de suelos de la vivienda se colocará un chapado de gres con su respectivo rodapié en todo el perímetro incluyendo los dos escalones.

- **Carpinterías:**

Las carpinterías exteriores serán de madera con rotura de puente térmico y vidrios climalit de 4 + 10 + 6 mm.

La puerta de acceso será abatible sobre un eje, chapada con madera con interior de acero galvanizado.

Las carpinterías interiores serán de MDF lacada la puerta del baño y de tablero de fibra para pintar los armarios.

- **Instalaciones de fontanería y saneamiento:**

De la misma manera que en la opción convencional las acometidas y conducciones generales se colocarán de PVC con un diámetro de 200 mm, y se construirán tres arquetas de ladrillo hueco de 9 cm de espesor, una para el baño, otra para la cocina y otra a la salida de la vivienda.

Las conducciones de agua fría y ACS en cocina y baño serán de polipropileno con un diámetro de 32 mm, los aparatos llevarán sifón individual, un lavabo, un plato de ducha, un inodoro y un fregadero de cocina con su correspondiente grifería.

La montante de alimentación de agua corriente será de cobre de 18 mm de diámetro, y se colocará el contador de agua fría según las especificaciones de la norma UNE-EN 14154, Contadores de agua.

Se instalará además un calentador eléctrico para la producción y acumulación de agua caliente sanitaria, conectado a la instalación de placas solares.

- **Instalación eléctrica:**

Puesta a tierra con picas de cobre desnudo recocido de 25 mm<sup>2</sup>.

Instalación eléctrica completa para vivienda de 2 dormitorios y 1 baño, con una electrificación elevada de 9200 W.



- Sistema de captación solar

Sistema solar térmico para producción de Agua Caliente Sanitaria de circulación forzada compuesto por 4 m<sup>2</sup> de colector solar plano con estructura soporte para su instalación sobre cubierta de almacén que contará con acumulador de acero inoxidable de 150L, grupo circulación y seguridad, sistema de regulación y tuberías de cobre con aislamiento reglamentario.

- Instalación de calefacción:

Radiadores de pared eléctricos analógicos de aluminio inyectado.

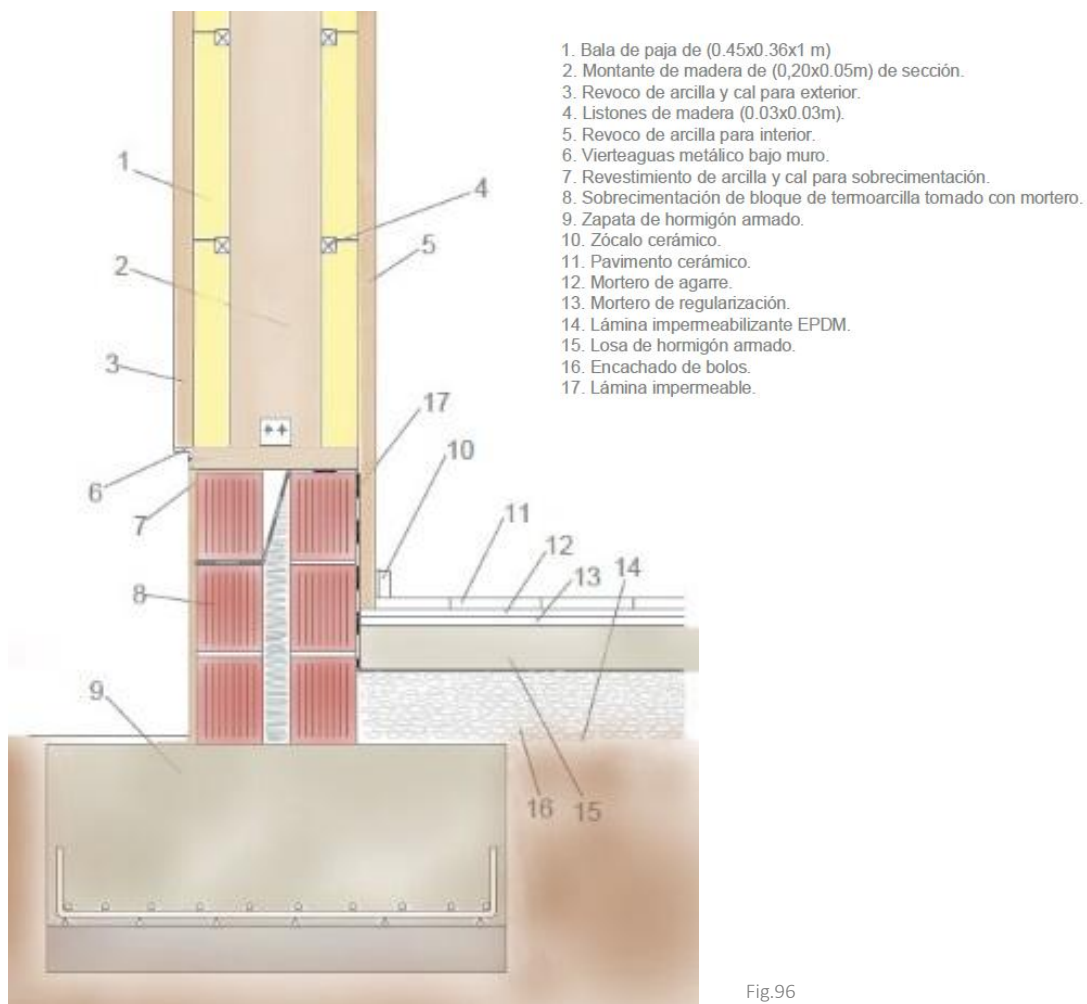
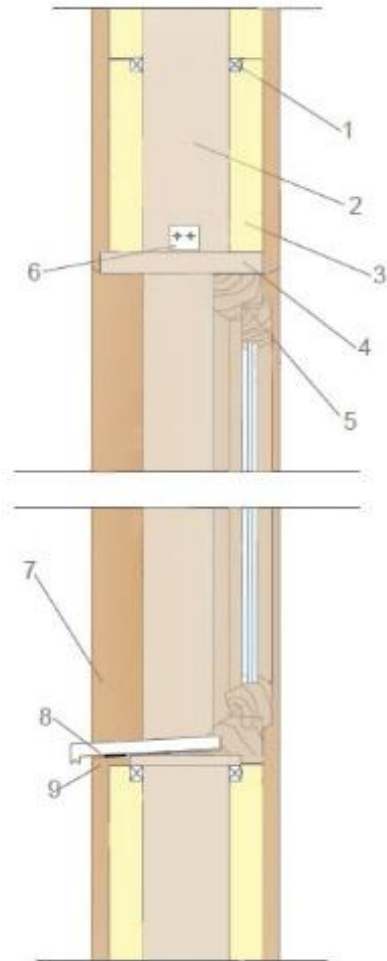
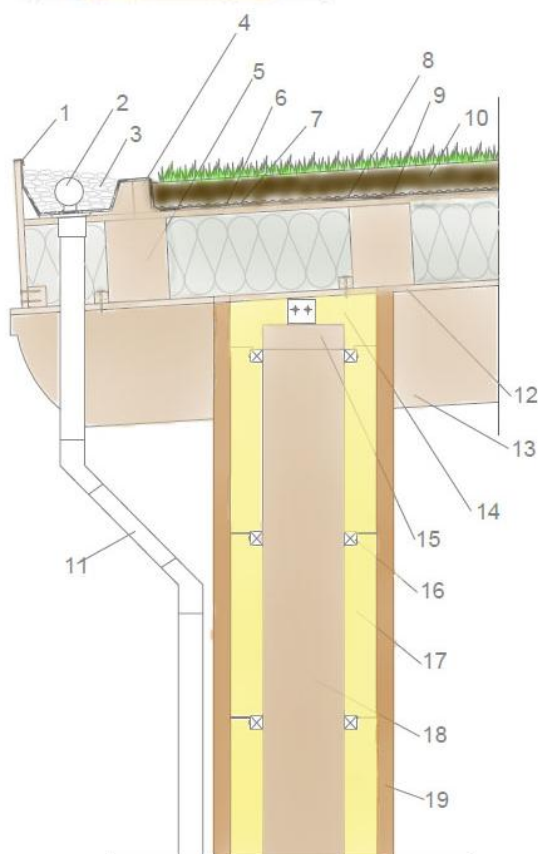


Fig.96



1. Listones de madera (0.03x0.03m).
2. Montante de madera de (0,20x0.05m) de sección.
3. Bala de paja de (0.45x0.36x1 m).
4. Cargadero de madera para hueco.
5. Carpintería de madera.
6. Angulares de sujeción de acero galvanizado.
7. Revestimiento de arcilla y cal.
8. Vierteaguas cerámico con goterón en alféizar con lámina EPDM bajo ella.
9. Chapa de madera a modo de alféizar.

Fig. 97



1. Chapa de zinc.
2. Tubo drenante.
3. Capa drenante de agua.
4. Taco perimetral de retención de tierras.
5. Viguetas de madera.
6. Tablero de OSB-3.
7. Lámina impermeabilizante de EPDM.
8. Geotextil
9. Lámina drenante con nódulos de alta densidad.
10. Sustrato de 6 cm de espesor.
11. Bajante pluvial de PVC.
12. Tablero de fibra natural atomillado a las vigas.
13. Viga de madera.
14. Relleno con librillos de paja suelta revestidos hasta techo.
15. Chapa de madera de remate superior.
16. Listones de madera (0.03x0.03m)
17. Bala de paja de (0.45x0.36x1 m)
18. Montante de madera de (0,20x0.05m) de sección.
19. Revoco de arcilla para interior.

Fig. 98

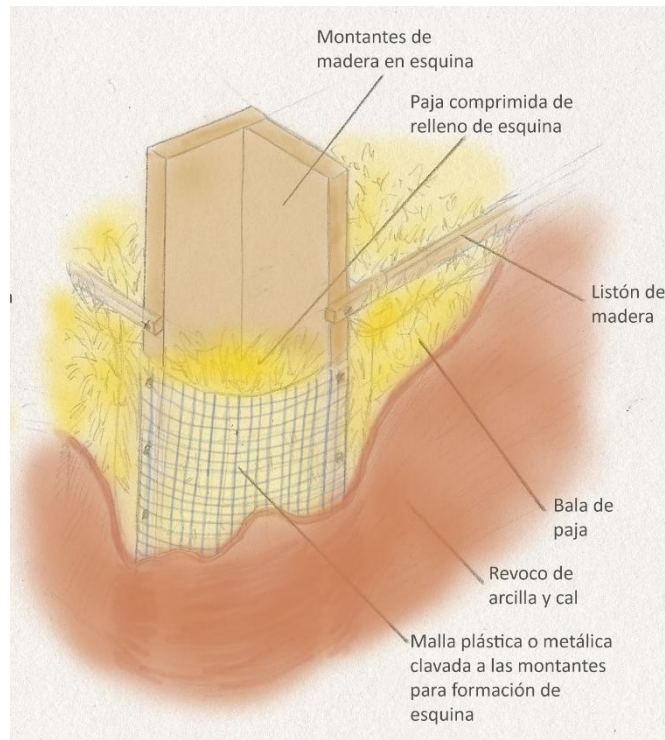


Fig. 99 Detalle de esquina en sistema CUT.

### FASES COSNSTRUCTIVAS DEL SUPUESTO DE EDIFICACIÓN CON EL SISTEMA C.U.T:

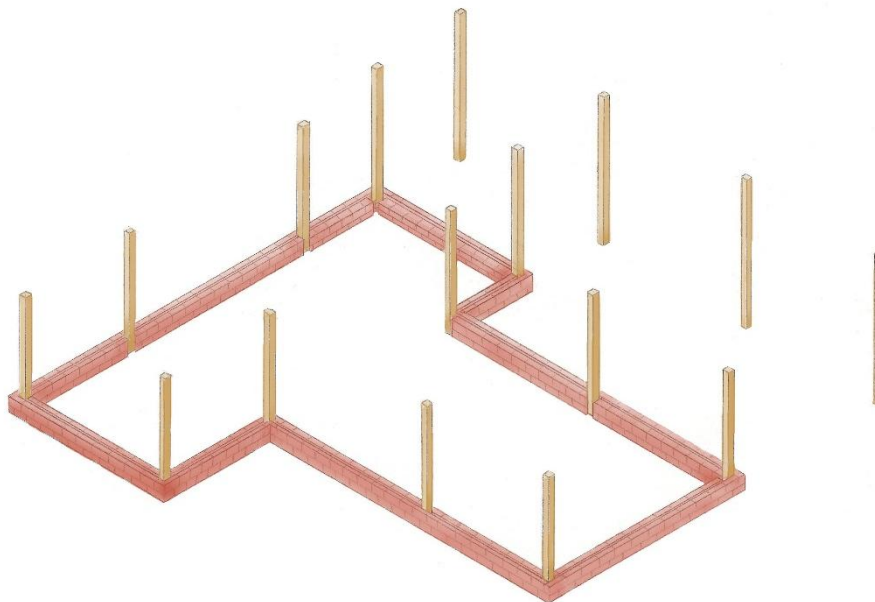


Fig. 100

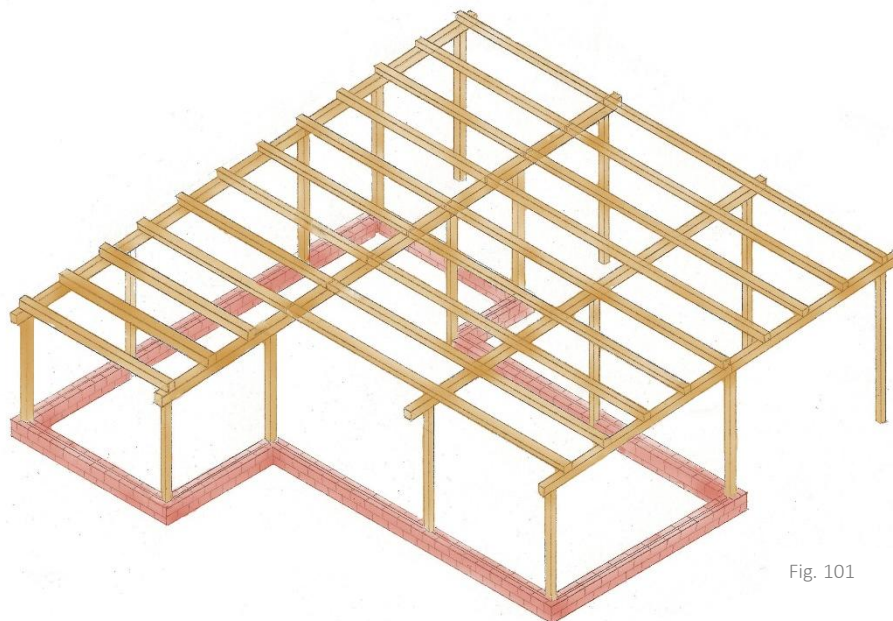


Fig. 101

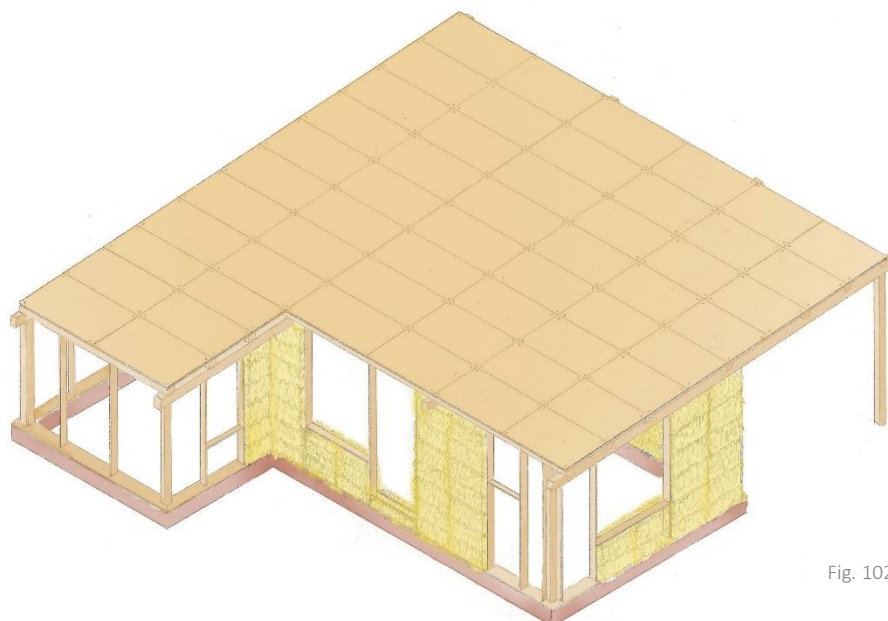


Fig. 102

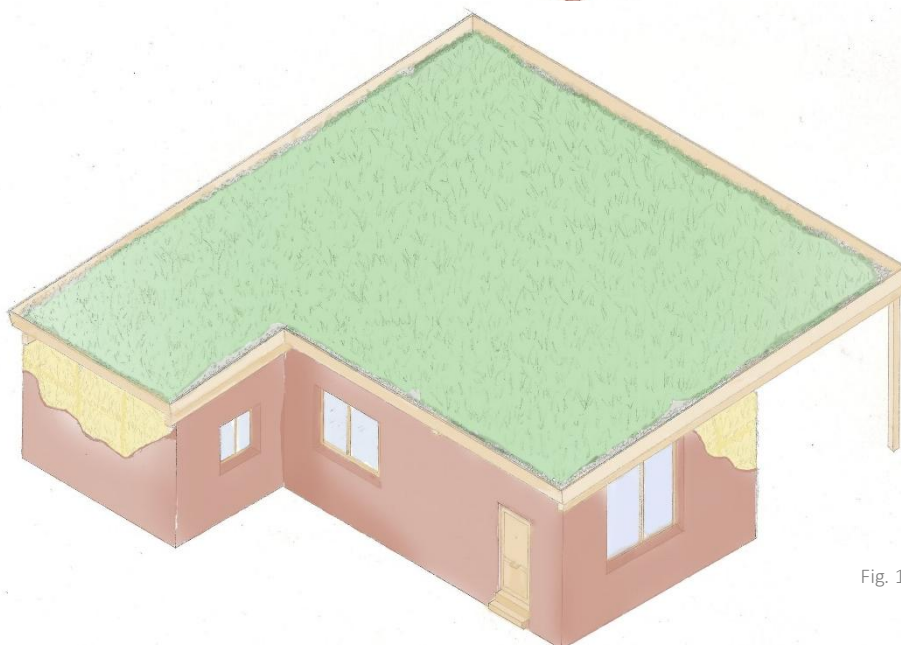


Fig. 103



6.1 CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO Y ESTRUCTURA DE LA CONSTRUCCIÓN CON BALAS DE PAJA COMPARADAS CON LA CONSTRUCCIÓN CONVENCIONAL.

A continuación en la siguiente tabla se exponen algunas de las características principales a nivel de diseño y estructura de las dos tipologías constructivas, pudiendo observar que con condiciones diferentes ambas tienen aspectos positivos y negativos que cabe estudiar a la hora de elegir proyectar una edificación según las características que queramos obtener en ella.

BALAS DE PAJA (SISTEMA C.U.T)	CONVENCIONAL ESTRUCTURA H.A
<p>La estructura de madera se integra perfectamente en el cerramiento, la paja y la madera tienen características muy similares que permiten que trabajen como conjunto.</p>	<p>En estos casos la estructura es completamente independiente al cerramiento con una diferencia también muy notable de materiales y comportamiento de los mismos, que origina ciertos problemas a la hora de trabar y trabajar como un elemento.</p>
<p>Los muros que se genera son muy anchos, precisando de mucho espacio (el espesor de un fardo medio colocado de canto en el sistema C.U.T tiene 0,36 m de espesor más los 3 cm a cada cara de revestimiento).</p>	<p>Muros más estrechos con el mayor aprovechamiento del espacio que ello conlleva en el caso que se ha generado para la comparación se originarían cerramientos de 28 cm de espesor.</p>
<p>Su montaje es muy sencillo y no precisa de un gran conocimiento de carpintería.</p> <p>Las balas de paja son ligeras y las secciones de madera empleadas en este sistema también generan piezas con poco peso propio, que facilitan el montaje y el desplazamiento de las piezas.</p>	<p>La elaboración de cerramientos de ladrillo con sus respectivos revestimientos, colocación de aislantes, preparación de morteros y demás actividades necesarias, requieren una mayor especialización y tiempo de realización.</p>

BALAS DE PAJA (SISTEMA C.U.T)	CONVENCIONAL ESTRUCTURA H.A
<p>No se contempla el uso de paja a modo de elemento colaborante estructuralmente en el código técnico, por lo que para adaptarse al mismo se tienen que utilizar secciones mayores de madera, que resulta un recurso escaso en esta zona.</p>	<p>El Hormigón armado está completamente reglado y considerado en el código técnico como material estructural.</p> <p>Se realizan muchos ensayos y certificaciones que garantizan una calidad determinada en obra.</p>
<p>El mismo cerramiento ejerce a su vez de aislamiento con resultados asombrosos, que en el caso de la edificación convencional que planteábamos serían necesarios 30cm de aislamiento para igualar.</p>	<p>Se requiere de la creación de diferentes hojas para que puedan aislar correctamente a la edificación a nivel, térmico y acústico.</p>
<p>Utilizando puramente el sistema C.U.T existe una limitación de altura, ya que la paja no trabaja con tanta estabilidad a compresión, aunque como el caso estudiado donde la estructura se confía a la madera no existe esa limitación.</p>	<p>El Hormigón armado con un adecuado cálculo de secciones y características de hormigón y acero no tiene limitaciones de altura que permiten mayor amplitud de diseños.</p>
<p>La paja y la madera tienen un comportamiento muy elástico ante movimientos sísmicos que hacen a este tipo de construcciones muy adecuadas en zonas sísmicas.</p>	<p>El hormigón es un material frágil, que con su combinación con el acero trabaja mucho mejor ante esfuerzos de flexión, pero aun así, no es el material más adecuado para la construcción en zonas sísmicas por sus capacidades elásticas tan reducidas.</p>

BALAS DE PAJA (SISTEMA C.U.T)	CONVENCIONAL ESTRUCTURA H.A
<p>Los revestimientos de estas construcciones generalmente exigirán un mayor espesor y cuidado para cubrir juntas y en remates.</p>	<p>En la construcción convencional es más fácil la aplicación de revestimientos ya que los remates y las juntas quedan mucho más exactos</p>
<p>Este tipo de construcciones aceptan muy bien tanto la realización de formas curvas en esquinas y estética más orgánica como de formas geométricas y esquinas rectas.</p>	<p>Existen limitaciones a la hora de crear espacios curvos más orgánicos con ladrillo y se precisan de complicados encofrados para hacerlo en hormigón.</p>
<p>Es más difícil replantear una estructura con balas de paja ya que el tamaño entre ellas suele variar un poco por lo que al final siempre es necesario el relleno de huecos con paja a presión con el consiguiente trabajo y tiempo que ello requiere.</p>	<p>El tamaño de los ladrillos está regulado, estos cumplen con estándares de calidad y se supervisa que todos cumplan con las mismas características, por lo que se puede partir de unas dimensiones invariables para replantear y que facilitarán la ejecución.</p>

6.2 CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS Y COMPORTAMIENTO HIGROTÉRMICO DE LA CONSTRUCCIÓN CON BALAS DE PAJA COMPARADAS CON LA CONSTRUCCIÓN CONVENCIONAL.

De la misma manera que en el apartado anterior en la tabla siguiente se hace una comparación a nivel de comportamientos frente a la temperatura y la humedad de ambas tipologías constructivas, observando generalizadamente que la paja aporta un gran aislamiento térmico frente a la construcción convencional, que repercutirá en el ahorro energético.

Por otro lado en cuanto al comportamiento higrotérmico vemos que la paja es un elemento transpirable frente a la construcción convencional que lo que trata es de ser lo más estanca posible, esto provoca ventajas y desventajas dependiendo de lo que se valore, sabiendo que ese flujo de humedad en superficies transpirables si no se controla adecuadamente puede ser una fuente de patologías.

BALAS DE PAJA (SISTEMA C.U.T)	CONVENCIONAL ESTRUCTURA H.A
<p>La paja permite el paso del vapor de agua a través de ella, siendo una superficie transpirable que junto a la acción de los revocos de arcilla regulan la humedad interior de las edificaciones.</p>	<p>En el caso de la construcción convencional se crean capas de mortero hidrófugo en cerramientos y en las partes estructurales de hormigón tampoco se permite el paso al vapor de agua que por otra parte si se permitiera dañaría las armaduras. Se crean muros lo más estancos posible.</p>
<p>Se tiene que cuidar mucho las capas de revestimiento que se apliquen a los muros de paja para evitar que puedan generarse condensaciones interiores que pondrían a la paja en peligro. La paja es un elemento muy vulnerable al agua, ya esta puede pudrir las balas de paja rápidamente.</p>	<p>En el caso de las construcciones convencionales, el agua también afecta a la durabilidad de la misma aunque mucho menos, el deterioro por presencia de humedad será mucho más lento.</p>



BALAS DE PAJA (SISTEMA C.U.T)	CONVENCIONAL ESTRUCTURA H.A
<p>La bala de paja por si misma es un elemento muy aislante, que a la vez que formar un cerramiento nos acondicionará la edificación perfectamente a nivel térmico, esto se puede observar en el bajo factor de transmitancia que posee: <math>0,30 \text{ W/m}^2\text{K}</math></p>	<p>Un muro convencional con su cámara de aire y aislamiento de 5 cm de poliestireno extruido, sigue teniendo un comportamiento térmico bastante peor siendo la transmitancia de un cerramiento de ladrillo como el descrito en el ejemplo tomado para comparación con la construcción convencional <math>0,50 \text{ W/m}^2\text{k}</math></p>
<p>El factor de superficie de la paja, que es un valor que representa la cantidad de calor que el material devuelve al ambiente partido por la cantidad de calor transmitido que a menor sea su valor una mayor inercia térmica demuestra, es de <math>0,84</math></p>	<p>El factor de superficie de un cerramiento convencional tiene un valor de <math>0,92</math></p>

6.3 VIABILIDAD DE RECURSOS DE LA CONSTRUCCIÓN CON BALAS DE PAJA COMPARADA CON LA CONSTRUCCIÓN CONVENCIONAL:

En la siguiente tabla se hace la comparación de factores que influyen a la hora del uso de los diferentes materiales que emplean las dos tipologías constructivas respecto a facilidad de obtención e impacto en el entorno que influyen a la hora de estudiar la viabilidad de cada tipo de recursos acorde a la situación que se presente.

BALAS DE PAJA (SISTEMA C.U.T)	CONVENCIONAL ESTRUCTURA H.A
<p>La paja es un residuo del sector primario, por lo que sus características tan interesantes para utilizarlo en la construcción resultan ampliamente positivas para la gestión de este subproducto.</p> <p>Todos los años se producen grandes cantidades de paja que en muchos casos generan problemas a la hora gestionar, su uso en la construcción solucionaría este problema a la vez que permitiría reducir el consumo energético necesario para la producción de otros elementos constructivos.</p>	<p>Para la producción de cemento, aditivos, acero y demás materiales utilizados en la construcción convencional es necesario un consumo energético muy alto, contribuyendo a esa producción de CO<sub>2</sub> perjudicial a nivel medioambiental.</p>
<p>Aunque hay gran cantidad de paja, (en cada cosecha se generan muchas balas de paja), en el sistema C.U.T se precisa también bastante madera, este material al ser orgánico tampoco tiene prácticamente consumo energético más que el derivado de su corte y preparación para uso en la construcción, aunque por otro lado</p>	<p>En el caso de los materiales convencionales de construcción la facilidad de obtención es mucho mayor que en caso de la madera, existen gran cantidad de empresa y una gran industria alrededor del, cemento, el ladrillo, el acero, etc.</p>

<p>su crecimiento es lento y precisa de un trabajo de plantación y cuidado que lo hacen un material más escaso, y más concretamente en esta zona que no es gran productora de madera.</p> <p>Si hay que trasladar la madera desde otras zonas esto repercute negativamente en su impacto ecológico además de encarecer el producto.</p>	<p>Esto hace que exista una mayor competitividad de productos, y mayor gama donde escoger para adaptarse a las necesidades constructivas, así como una mayor competitividad económica.</p>
<p>Dentro de a lo que a la bala de paja respecta como producto a obtener del mercado, no existe una gran comercialización del mismo más que en el campo de la alimentación de equinos, que es un bajo porcentaje de la producción total de paja, por lo que al no comercializarse aquí como material de construcción, su coste repercutido en un muro es muy bajo comparado con el coste del ladrillo o el hormigón.</p>	<p>En cuanto a la construcción convencional, existen gran cantidad de sellos y controles de calidad, junto con su proceso de producción, esto aunque nos otorgue un mayor conocimiento de las características específicas de estos materiales, también encarece el producto.</p>
<p>Para la construcción con paja se necesitan balas de paja de unas características determinadas de calidad, que se relacionan directamente con el mantenimiento y la exposición a los agentes atmosféricos que haya tenido la bala, esto obliga a que se obtengan las mismas después de su cosechado o que nos aseguremos de que</p>	<p>En cuanto a los materiales destinados a la construcción convencional, se producen en su totalidad en fábricas controladas, su producción va ligada a la demanda desde las construcciones.</p> <p>Al contrario que con la paja estos materiales se producen para el sector de la construcción, así pues la gestión para obtener estos materiales, llevarlos a obra y almacenarlos es</p>

<p>estas balas han estado almacenadas correctamente para que no hayan sido alteradas sus capacidades físicas.</p> <p>Este hecho obliga a tener un planeamiento mucho mayor a la hora de programar una obra y requiere de una gestión más complicada de los recursos, ligada a su producción agrícola.</p>	<p>mucho más sencilla y segura, ya que la propia industria fabricante te garantiza las características de calidad de los materiales.</p>
<p>Para almacenar correctamente las balas de paja durante la construcción se necesitan lugares de almacenamiento protegidos de los agentes atmosféricos y que permitan el almacenamiento de grandes cantidades de paja.</p>	<p>Se pueden pedir los materiales progresivamente a medida que se vayan necesitando, requiriendo así zonas de almacenamiento de materiales menores.</p>



Fig. 104 Gráfico realizado por el FASBA.

#### 6.4 COMPARACIÓN EN CUANTO A EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LOS DOS SUPUESTOS DE EDIFICACIÓN:

Más allá de lo que son las emisiones de gases de efecto invernadero que se producen durante la fabricación de los materiales de construcción, hay otro aspecto que afecta en gran medida dentro del ámbito de la construcción y la interacción con el medio ambiente y los recursos energéticos, y ese precisamente es el nivel de eficiencia energética que tienen las edificaciones que se construyen.

El impacto no acaba una vez acabada la vivienda, sino que a partir de esta puesta en funcionamiento de la edificación empezará su consumo energético necesario para que el edificio sea habitado.

Las características, materiales y orientación entre otros aspectos determinarán que el edificio precise de una mayor o menor demanda energética para proporcionar un espacio habitable a su usuario.

Lo que intentan las etiquetas energéticas es clasificar las edificaciones, tanto existentes como en proyecto por el nivel de eficiencia energética, la cual se traduce como un consumo de energía mínimo sin una variación de las condiciones de confort en la vivienda.

Así pues, como a punto importante a comparar la construcción con balas de paja con la construcción convencional está la eficiencia energética, con sus repercusiones tanto ecológicas en referencia al consumo de energía de fuentes finitas como a económicas reflejadas en el alto coste de las mismas para el usuario.

En los anexos se muestran los dos certificados de eficiencia energética realizados para ambos supuestos definidos anteriormente, el de construcción convencional con estructura de hormigón armado y el de construcción con balas de paja, sistema CUT, para poder comparar la etiqueta energética de una edificación con las mismas características en ambos sistemas constructivos.

Para la certificación se ha empleado el programa Calener, en los anexos se adjuntan ambos resultados, en primer lugar el del supuesto de construcción convencional y a continuación el supuesto de construcción con paja.



Cogiendo como resumen de ambas certificaciones sus respectivas etiquetas observamos lo siguiente:

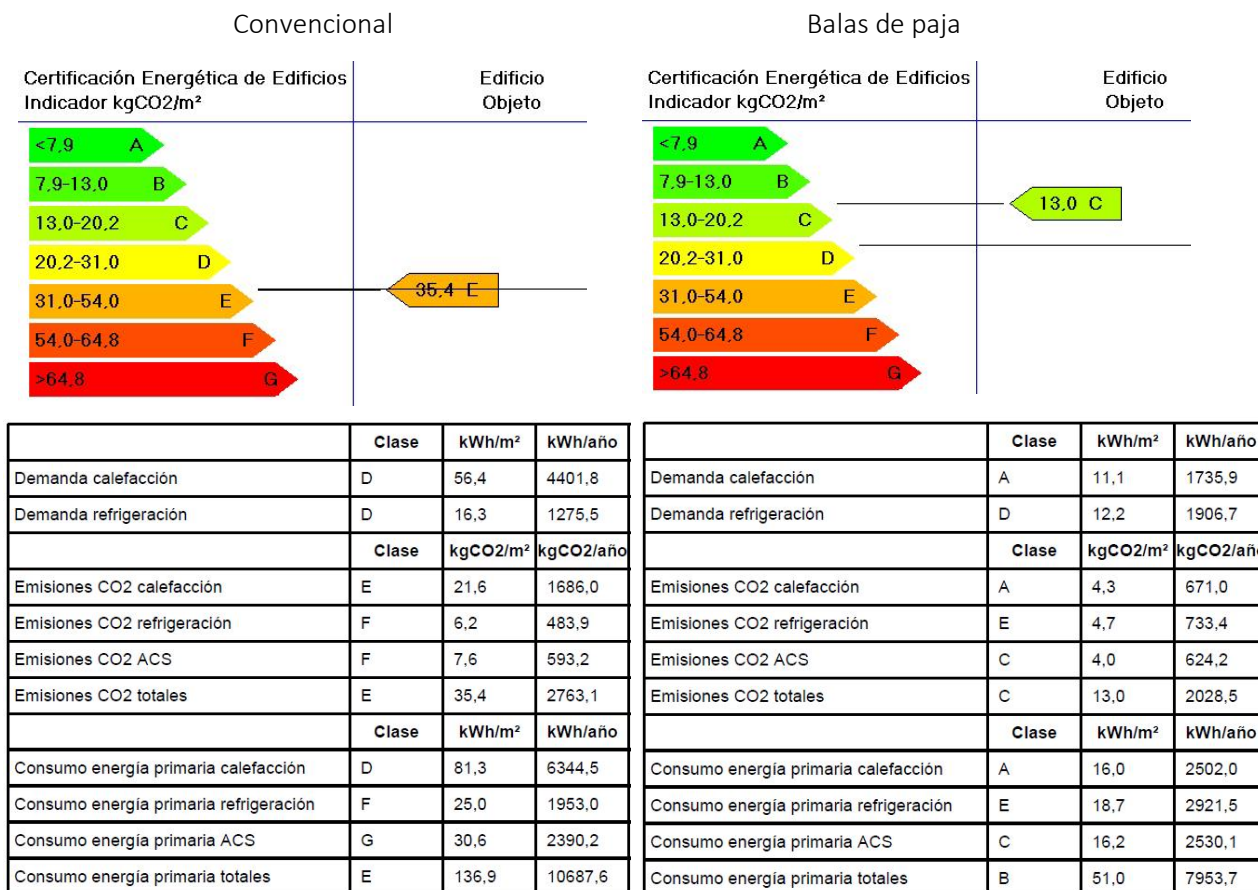


Fig. 105

Observando los resultados podemos darnos cuenta de la gran diferencia existente, por ejemplo en la demanda de calefacción cambiando del caso convencional al caso de balas de paja de una etiqueta D a una A, con un efecto aún más positivo hacia el supuesto de paja en cuanto a las emisiones de CO<sub>2</sub> y al consumo de energía primaria.

También hay que tener en cuenta, que la calificación se origina tomando por supuesta la instalación de importantes sistemas de calefacción y refrigeración, siendo un tipo de penalización el que no los posea, como en este caso sería la ausencia de refrigeración.

Así pues, podemos constatar por otro lado, con la etiqueta energética, las grandes cualidades de la bala paja en cuanto a material de construcción por su gran aislamiento y las características de ahorro energético y ecología, con un material natural y económico se consigue un aislamiento importantísimo.

6.5 COMPARACIÓN ECONÓMICA DE LOS DOS SUPUESTOS DE EDIFICACIÓN:

A continuación se expondrá el resumen de los presupuestos realizados para cada uno de los supuestos expuestos anteriormente, referidos a la construcción convencional con hormigón armado y la construcción con balas de paja (sistema CUT), pudiendo observar en qué puntos difieren ambos supuestos a nivel económico.

Adjuntándose los presupuestos desglosados de ambos casos en los anexos, en primer lugar el referente a construcción convencional y a continuación el de construcción con balas de paja.

capítulos	Construcción con balas de paja sistema C.U.T	Construcción convencional con estructura de Hormigón
Movimiento de tierras	529,11	529,11
Red horizontal	1139,53	1139,53
Cimentación	12.944,46	12.944,46
Estructura	7.730,98	7.603,22
Cubierta	6.528,53	7.198,56
Fachada	12.424,42	12.496,58
Albañilería	534,62	3.295,35
Falsos techos	-	1.850,33
Aislamiento	1.318,40	8.186,24
Carpintería exterior	7.423,56	5.214,66
Carpintería interior	2.133,28	2.091,50
Revestimiento suelo	3.009,48	2.950,35
Revestimiento paredes/techo	2.650,63	1.967,78
Instalación fontanería	4.706,09	4.706,09
Instalación electricidad	3.209,95	3.209,95
Instalación clim/ventilación	4.226,35	4.226,35
Varios	3.625,47	3.625,47
Gestión de residuos	1.482,69	1.664,71
Seguridad y salud	2.224,04	2.497,06
<b>TOTAL</b>	<b>77.841,59</b>	<b>87.397,30</b>

Fig. 106

Podemos observar que realmente la diferencia no es muy significativa, y que realmente en aquel capítulo en el que distan más entre ambos es el referente a la albañilería, que pertenece a la hoja interior de la fachada en el caso del sistema convencional, por lo que se deduce que la diferencia está en los materiales empleados para la realización del cerramiento, lo que en general supone un 15% del presupuesto total del proyecto.

Según los datos anteriores, se puede concluir que la diferencia no radica en su economía a la hora de edificar sino más bien fijándonos en el resultado de la etiqueta de eficiencia energética expuesto anteriormente. El gran aislamiento que posee este tipo de viviendas permite un ahorro energético muy importante, que a la vez se traduce en un ahorro económico derivado del mismo. Así pues si las viviendas no resultan mucho más económicas que las convencionales en su construcción, si resultan mucho más económicas a un periodo de tiempo medio por su ahorro energético, así como su bajo impacto ecológico, esto también se traduce en un ahorro económico indirecto, referente a la gestión y el procesamiento de los residuos derivados de la construcción.

## 7. CONSIDERACIONES ESPECÍFICAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LA CONSTRUCCIÓN CON BALAS DE PAJA

Como en todos los tipos de construcción dependiendo de los materiales utilizados y las características específicas de puesta en obra que tenga, supone una serie de riesgos determinados. Cuando utilizamos paja ocurre lo mismo surgen un conjunto de consideraciones a tener en cuenta para evitar al máximo el riesgo de los accidentes en obra.

A modo de hacer una recopilación de riesgos a tener en cuenta en la construcción con balas de paja y siguiendo con ejemplo comparativo más concretamente del sistema C.U.T, se muestra a continuación de las actividades en la realización de las fases principales de una obra con este sistema constructivo, junto con sus riesgos, medidas preventivas y protecciones colectivas e individuales.

ACTIVIDADES	IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS	MEDIDAS PREVENTIVAS
<p><b>Realización de la cimentación.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Riesgo de caídas al mismo y distinto nivel.</li> <li>- Riesgo de sobreesfuerzos durante la colocación del armado.</li> <li>- Riesgo de salpicaduras de hormigón.</li> <li>- Riesgo de golpes por la manipulación de la ferralla.</li> <li>- Riesgo de cortes y heridas por la manipulación de la ferralla.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acopiar la ferralla en horizontal y sobre durmientes de madera.</li> <li>- Los recortes de hierro y acero se almacenarán para su posterior retirada.</li> <li>- Garantizar el orden y la limpieza en obra.</li> <li>- Formación de los operarios en los riesgos del trabajo y como minimizarlos.</li> </ul>

	PROTECCIONES COLECTIVAS	PROTECCIONES INDIVIDUALES
Ejecución de sobrecimentación y montaje de estructura de madera.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Riesgo de incendio por uso de maquinaria eléctrica.</li> <li>- Riesgo de cortes y heridas por uso de maquinaria de corte de carpintería.</li> <li>- Riesgo de caída al mismo nivel y a distinto nivel.</li> <li>- Riesgo de sobreesfuerzos.</li> <li>- Caídas de tablonos de madera durante el montaje.</li> <li>- Riesgo de respirar serrín durante el corte de madera.</li> <li>- Riesgo de clavado de astillas y clavos por la manipulación de madera.</li> <li>- Riesgo de golpes con martillos y herramientas de encaje de carpintería.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Casco de seguridad de polietileno.</li> <li>- Guantes de cuero.</li> <li>- Gafas anti-proyecciones.</li> <li>- Mascarilla para el corte de metal.</li> <li>- Ropa de trabajo.</li> <li>- Botas de seguridad.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Controlar conexiones eléctricas y el estado de la maquinaria antes de su uso.</li> <li>- Emplear toda la maquinaria con las protecciones necesarias y según las especificaciones del fabricante.</li> <li>- No montar estructura en altura sin la presencia de las protecciones individuales y colectivas.</li> <li>- Orden y limpieza en la obra.</li> <li>- Formación de operarios en las labores de carpintería a realizar así como en el funcionamiento de las herramientas necesarias, sus riesgos y las protecciones que deben llevar para su uso.</li> </ul>
	IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS	MEDIDAS PREVENTIVAS



	PROTECCIONES COLECTIVAS	PROTECCIONES INDIVIDUALES
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Línea de vida.</li> <li>- Marquesina.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Casco de seguridad de polietileno.</li> <li>- Cinturones de seguridad de clase C.</li> <li>- Guantes de cuero.</li> <li>- Gafas anti-proyecciones.</li> <li>- Mascarilla para el corte de madera.</li> <li>- Ropa de trabajo.</li> <li>- Botas de seguridad.</li> </ul>
	IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS	MEDIDAS PREVENTIVAS
Colocación de fardos de paja y listones.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Riesgo de incendio por uso de maquinaria eléctrica.</li> <li>- Riesgo de incendio por presencia de paja suelta en la obra.</li> <li>- Riesgo de caídas por resbalar al andar sobre paja suelta.</li> <li>- Riesgo de irritación de la piel por roce con la paja suelta.</li> <li>- Riesgo de clavado de herramientas ocultas al andar sobre la paja suelta.</li> <li>- Riesgo de caída al mismo nivel y a distinto nivel.</li> <li>- Riesgo de golpes al clavar listones de madera.</li> <li>- Riesgo de cortes y heridas.</li> <li>- Riesgo de clavado de astillas y clavos por la manipulación de madera.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prohibir fumar en la obra.</li> <li>- Controlar conexiones eléctricas y el estado de la maquinaria antes de su uso.</li> <li>- Emplear toda la maquinaria con las protecciones necesarias y según las especificaciones del fabricante.</li> <li>- No montar estructura en altura sin la presencia de las protecciones individuales y colectivas.</li> <li>- Orden y limpieza en la obra, barrer cada poco tiempo la paja suelta que se pueda generar.</li> <li>- Formación de operarios en las labores de carpintería a realizar así como en el funcionamiento de las herramientas necesarias, sus riesgos y las protecciones que deben llevar para su uso.</li> </ul>

	PROTECCIONES COLECTIVAS	PROTECCIONES INDIVIDUALES
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Línea de vida.</li> <li>- Marquesina.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Casco de seguridad de polietileno.</li> <li>- Cinturones de seguridad de clase C.</li> <li>- Guantes de cuero.</li> <li>- Gafas anti-proyecciones.</li> <li>- Mascarilla para manipulación de paja.</li> <li>- Ropa de trabajo.</li> <li>- Botas de seguridad.</li> </ul>
	IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS	MEDIDAS PREVENTIVAS
<p><b>Montaje de cubierta ajardinada.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Riesgo de caída en altura y al mismo nivel.</li> <li>- Riesgo de golpes durante montaje de tablero base de madera.</li> <li>- Riesgo de sobreesfuerzos.</li> <li>- Riesgo de cortes y heridas durante la manipulación de madera.</li> <li>- Riesgo de sepultamiento con sustrato para cubierta ajardinada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Emplear toda la maquinaria con las protecciones necesarias y según las especificaciones del fabricante.</li> <li>- No montar estructura en altura sin la presencia de las protecciones individuales y colectivas.</li> <li>- Orden y limpieza en la obra.</li> <li>- Formación de operarios en las labores de carpintería a realizar así como en el funcionamiento de las herramientas necesarias, sus riesgos y las protecciones que deben llevar para su uso.</li> </ul>

	PROTECCIONES COLECTIVAS	PROTECCIONES INDIVIDUALES
	<ul style="list-style-type: none"><li>- Línea de vida.</li><li>- Marquesina.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Casco de seguridad de polietileno.</li><li>- Cinturones de seguridad de clase C.</li><li>- Guantes de cuero.</li><li>- Mascarilla para el corte de madera.</li><li>- Ropa de trabajo.</li><li>- Botas de seguridad.</li></ul>

## 8. CONCLUSIÓN.

Si se toma una visión general del trabajo final de grado, a lo largo del mismo se incluyen aspectos relacionados con los ámbitos más técnicos de la titulación, como son las diferentes disciplinas de construcción, ejemplificando sistemas constructivos con el empleo de la bala de paja como material principal.

La representación gráfica tiene un lugar importante en el momento de transmitir los diferentes detalles constructivos y ejemplos gráficos utilizados para la comparación que se realiza entre el sistema CUT de construcción con balas de paja y el sistema convencional de estructura de hormigón armado. Además, se aplican también conocimientos de presupuestos y eficiencia energética para la comparación de ambos supuestos así como de prevención y seguridad con las consideraciones a tener en cuenta ante el uso de este material en obra.

Nuestra creciente consciencia sobre el consumo energético y el deber de reducir el impacto medioambiental del sector de la construcción ha originado la búsqueda y desarrollo de nuevos materiales que abran un nuevo abanico de posibilidades constructivas.

Durante este trabajo de final de grado se ha analizado la bala de paja tomada como un material de construcción, desde la investigación realizada sobre la historia de la construcción con balas de paja se descubre que evidentemente no solo es posible construir con balas de paja sino que se ha ido haciendo alrededor del mundo desde que se inventó la máquina embaladora.

No solo las propias edificaciones realizadas, durante los últimos 100 años, con mayor o menor intensidad son un ejemplo de que la bala de paja es una realidad constructiva sino que las diferentes normativas como la norte americana, la francesa o la alemana entre otras acercan a la bala de paja al mundo de la construcción, la legalidad y el control de calidad y ejecución que cualquier material de construcción debe tener.

Son de vital importancia la enorme cantidad de ensayos que se han realizado, algunos de los cuales se citan en este proyecto para el avance del desarrollo de la construcción con balas de paja, gracias a estos ensayos, sobre todo a los realizados dentro de la comunidad europea podemos justificar el empleo de este material ante las exigencias que nos presenta nuestro código técnico. También cabe citar la amplia visión del código técnico que permite la innovación y el desarrollo en el sector de la construcción con una cierta libertad de introducción de nuevos materiales y técnicas siempre que estén debidamente estudiadas y avaladas. Sí que es posible

construir de forma legal con balas de paja en nuestro país, aunque teniendo en cuenta que será necesario el cálculo propicio y la obtención de los ensayos realizados propicios para cada caso.

Se han analizado distintos métodos constructivos de la construcción con balas de paja, desde originario y más simple como es el Nebraska donde la bala de paja es el elemento estructural y cerramiento con sus limitaciones de altura, dimensiones y dificultades constructivas a sistemas prefabricados, que son el futuro de la construcción con balas de paja, donde se incluye mucha más tecnología y precisión además de un mundo de posibilidades de diseño, calidad y regulación.

Ante la investigación realizada y el estudio de los diferentes sistemas constructivos principales se puede ver la gran cantidad de propiedades interesantes que tiene la bala de paja para su utilización en el mundo de la edificación, empezando por su carácter ecológico, la paja resulta un problema medioambiental en muchos casos derivado de la gestión de la misma en los campos de cultivo, por lo que la convierten en un subproducto abundante que se genera derivado de otras actividades y no expresamente para la construcción, es por tanto una manera de dar uso a un residuo de la industria agraria solucionando un problema y ahorrando el consumo energético que provoca la producción de otros tipos de materiales de construcción.

Dentro del mismo ámbito de la ecología este material aplicado a la edificación da lugar a casas muy eficientes energéticamente, como se ha analizado en el trabajo en su estudio de eficiencia energética, hecho que deriva en una demanda y consumo de energía mucho menor por parte de este tipo de viviendas, beneficioso para el medio ambiente y traducido en un ahorro económico durante la vida útil del edificio, además que la bala de paja en sí misma como material de construcción tiene un precio reducido.

La paja es un material orgánico, transpirable y que unido a los revocos de arcilla y cal da lugar a edificios, aparte de eficientes energéticamente, saludables. Son capaces de regular la humedad y dejar transpirar los muros, dando lugar a espacios confortables, perfectos para ser habitados.

Comparado con otros sistemas constructivos convencionales la paja es un material fácil de emplear, aunque los sistemas de construcción que se han descrito resultan bastante laboriosos, pero su poco peso propio hace que sea necesario un empleo de maquinaria más reducido y sea más asequible, se precisa de mayor cantidad de mano de obra comparado a sistemas convencionales pero sin que ello suponga un encarecimiento del sistema respecto a la construcción convencional.



Este sistema constructivo además abre posibilidades constructivas en áreas afectadas por movimientos sísmicos debido a la respuesta que la construcción con balas de paja da ante los mismos. Por su rapidez de ejecución y su adaptabilidad a este tipo de áreas ya ha sido empleada en zonas derruidas por sismos para su reconstrucción, por ejemplo en Italia o en Pakistán.

Por el momento, la construcción en paja sigue bastante limitada, ya que la mayor parte de los sistemas que se han desarrollado precisan de grandes zonas de acopio, al mismo tiempo que tienen posibilidades espaciales reducidas, sobretodo en altura. Aunque por otra parte, la constante investigación y desarrollo va dando lugar a soluciones constructivas mucho más avanzadas como los módulos prefabricados con balas de paja y madera que permiten solucionar estas limitaciones espaciales en altura, permiten un cálculo estructural previo exacto, el ensayo y certificación de las piezas y un control en taller que garantiza la calidad de los sistemas.

En el caso de España, hasta el momento no contábamos con el desarrollo de este tipo de prefabricación dentro del campo de la construcción con paja, pero durante la redacción de este trabajo he tenido la oportunidad de ver el seguimiento de la cooperativa Okambuva durante la creación de los primeros módulos prefabricados de paja nacionales, y se ve en ello un gran paso al nivel de llevar la bala de paja al ámbito de la construcción urbana, ya que permite un montaje rápido, limpio y exacto de las piezas sin la necesidad de grandes espacios de acopio para las balas de paja.

En base al análisis realizado sobre este material se puede concluir que la construcción con balas de paja es una buena alternativa para la construcción, como en cualquiera de los sistemas constructivos existentes su elección a la hora de construir un edificio dependerá de muchos factores, sobretodo en uso, espacio y recursos. Pero es claramente una realidad constructiva, a pesar de la falta de estandarización a día de hoy en nuestro marco normativo. Las limitaciones de la bala de paja también están sujetas a la falta de una normativa que regule la práctica constructiva a nivel nacional que además estandarice las características y propiedades que debería tener una bala de paja apta para la construcción.

El poder haber visto la evolución del desarrollo de los módulos prefabricados de paja, junto con la participación en cursos, jornadas y talleres prácticos de construcción con balas de paja ha sido una experiencia muy enriquecedora, con la que he conseguido un acercamiento mucho más próximo a este tipo de construcción, que se va haciendo un lugar dentro del panorama de la construcción actual.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

### 9.1. NORMATIVAS, LIBROS Y ARTÍCULOS DE CONSULTA

- **Normas y códigos**

- Documento básico SI – Seguridad en caso de incendios
- Documento básico SE- Seguridad estructural, Maderas
- Documento básico HS del CTE – Salubridad
- Documento básico HR del CTE – Protección frente al ruido
- Documento básico HE del CTE – Ahorro de energía
- Règles professionnelles de construction en paille – Réseau français de la construction en paille (2012)
- Apéndice R del National Straw Bale Building Code (EUA)

- **Libros y publicaciones**

- MINKE, GERNOT; MAHLKE, FRIEDEMANN. 2005. *Manual de construcción con fardos de paja*, ed. Fin de siglo.
- MINKE, GERNOT. 2008. *Techos verdes, Planificación, ejecución, consejos prácticos*. ed. Fin de siglo.
- STEEN, ATHENA; STEEN, BILL. 2000. *The Beauty of Straw Bale Homes*. Chelsea Green Publishing, Vermont/Tones.
- STEEN, ATHENA; STEEN, BILL; BAINBRIDGE, DAVID; EISENBERG, DAVID. 1994. *The Straw Bale House*. Chelsea Green Publishing, Vermont/Tones.
- KING, BRUCE. 1996. *Building of Earth and Straw – Structural design for Rammed Earth and Straw Bale Architecture*. Sausalito, California USA.
- KING, BRUCE. 2003. *Load-bearing Straw Bale Construction- A summary of worldwide testing and experience*. Ecological Building Network (EBNet).

- CAPUZ LLADRÓ, RAFAEL. 2005. *Materiales Orgánicos, Maderas*. Ed. Universidad Politécnica de Valencia.
- JONES, BARBARA. 2001. *Una Guía de Construcción con Balas de Paja*. Amazon Nails. UK
- KAHN, LLOYD. 1999. *Cobijo*. Ed. H. Blume.
- HODGE, BRIAN. 2006. *Building your straw bale home, from the foundation to the roof*. CSIRO publishing.
- POPOVIC LARSEN, OLGA. 2008. *Reciprocal Frame Architecture*. Architectural Press/ Elsevier.
- NITZKIN, RIKKI; TERMENS, MAREN. 2010. *Casas de paja, una guía para autoconstructores*. Ed. Ecohabitar.
- CORUM, NATHANIEL. 2005. *Building a Straw bale house, the Red Feather Construction Handbook*. Princeton Architectural Press, New York.
- RIJVEN, TOM. 2009. *Entre paille et terre (Between earth and straw)*. Ed. Goute de Sable.
- BUILDERS WITHOUT BORDERS. 1999. *Una Introducción Visual a la Construcción con Fardos de Paja*. S.O. MacDonald.
- ECVET.
- WIHAN, JAKUB. 2005. *Straw Bale Building in Siberia, Report for Builders Without Borders*. Builders without Borders publishing, New Mexico, USA.
- *Earth Building Handbook (Parte I, II, III y IV)*. Trabajo cooperativo del proyecto europeo Leonardo da Vinci para la construcción con tierra.
  
- **Artículos y trabajos**
  - FERNÁNDEZ MUERZA, ALEX. 2009. *Casas Naturales*. [www.es.scribd.com](http://www.es.scribd.com)
  - ARGUMOSA SAINZ, OSCAR. *La edificación con pacas de paja, un ejemplo de bioconstrucción*. Red de Construcción con paja.

- CANO MOLINA, JESÚS. 2013. *Análisis comparativo de la técnica GREB y la implementación del pozo canadiense, como alternativas a sistemas constructivos y de climatización convencional*. PFC Arquitectura técnica, Murcia.
- DOW, building solutions. *Catálogo de transmitancias de materiales*.
- AGENEAU, JULES; BRERO, FRANCIS; HERAULT, NICOLAS. 2009. *Contribution au développement de l'utilisation de la paille comme isolant dans le bâtiment*. trabajo de ingeniería de la École des Ponts Paris Tech.
- CARRASCO HERRERO, JAVIER; CHAMIZO LAVANDEIRA, EDUARDO. *Prototype of sustainable house*. PFG de la Universitat de Girona.
- NITZKIN, RIKKI; PÉREZ DÍAZ, JULIO. *Revocos de tierra para muros de paja*. Red de construcción con paja.
- CARRO CASTRO, FRANCISCO JAVIER. 2007. *Construcción con balas de paja. Estudio de las propiedades de la paja embalada y su utilización como material de construcción*. PFC, a Coruña.
- SÁNCHEZ LÓPEZ, JOSE ANTONIO. 2013. *Sistema CST de construcción con balas de paja. Estudio, análisis y propuestas de desarrollo*. Proyecto final máster en gestión en la edificación, Alicante.
- Revista Brizna, nº del 1 al 13

## 9.2. PÁGINAS WEB VISITADAS

- [www.fasba.de](http://www.fasba.de) (03/03/14)
- [www.casadepaja.es](http://www.casadepaja.es) (03/03/14)
- [www.compailleurs.eu](http://www.compailleurs.eu) (03/03/14)
- [www.la-maison-en-paille.com](http://www.la-maison-en-paille.com) (03/03/14)
- [www.baubiologie.com](http://www.baubiologie.com) (11/03/14)
- [www.strawbuilding.org](http://www.strawbuilding.org) - Casba (15/03/14)
- [www.itec.es](http://www.itec.es) - Institut de tecnologia de la construcció de Catalunya– construpedia (15/03/14)
- [www.ecobuildnetwork.org/projects/straw-bale-code-supporting-documents](http://www.ecobuildnetwork.org/projects/straw-bale-code-supporting-documents) (02/04/14)
- [www.skillful-means.com](http://www.skillful-means.com) (02/04/2014)
- [www.casaeco.blogspot.com.es/2010\\_09\\_01\\_archive.html](http://www.casaeco.blogspot.com.es/2010_09_01_archive.html) (02/04/14)
- [www.strawbale.com.au](http://www.strawbale.com.au) (05/04/14)
- [www.waldland.at](http://www.waldland.at) (05/04/14)
- [www.cannabric.com](http://www.cannabric.com) (10/04/14)
- [www.ecohabitar.org](http://www.ecohabitar.org) (10/04/14)
- [www.casacalida.be](http://www.casacalida.be) (10/04/14)
- [www.vitalsystems.net](http://www.vitalsystems.net) (03/05/14)
- [www.ecococon.lt/es](http://www.ecococon.lt/es) (03/05/14)
- [www.ecobuildnetwork.org](http://www.ecobuildnetwork.org) (03/05/14)
- [www.sustainablestudies.com/pipermail/gsbm/2013q1/002255.html](http://www.sustainablestudies.com/pipermail/gsbm/2013q1/002255.html) (03/05/14)
- [www.oekofilm.de/Home.phtml](http://www.oekofilm.de/Home.phtml) (04/05/14)
- [www.elpasadodelpresente.es/la-puesta-en-valor-de-la-finca-publica/el-horno-de-cal-del-galatzu-v/historia-cal](http://www.elpasadodelpresente.es/la-puesta-en-valor-de-la-finca-publica/el-horno-de-cal-del-galatzu-v/historia-cal) (04/05/14)
- [www.unicmall.com/docs/tipus\\_de\\_calc.pdf](http://www.unicmall.com/docs/tipus_de_calc.pdf) (04/05/14)
- [www.pavistamp.com/producto.asp?id=138&i=es&t=CAL-NHL-EN-POLVO](http://www.pavistamp.com/producto.asp?id=138&i=es&t=CAL-NHL-EN-POLVO) (04/05/14)



- [www.blogartesana.wordpress.com/2012/04/13/cal-cases-revocos-de-tierra](http://www.blogartesana.wordpress.com/2012/04/13/cal-cases-revocos-de-tierra)(04/05/14)
- [www.habitatvegetal.com/assets/docs/entrepailleetterre.pdf](http://www.habitatvegetal.com/assets/docs/entrepailleetterre.pdf) (07/05/14)
- [www.casasdepaja.org](http://www.casasdepaja.org) (07/05/14)
- [www.aprovecho.net](http://www.aprovecho.net) (07/05/14)
- [www.thelaststraw.org](http://www.thelaststraw.org) (10/05/14)
- [www.buildalt.com](http://www.buildalt.com) (15/05/14)
- [www.atelierwernerschmidt.ch](http://www.atelierwernerschmidt.ch) (15/05/14)
- [www.esserhof.com](http://www.esserhof.com) (15/05/14)
- [www.minke-strawbale.com](http://www.minke-strawbale.com).blogspot.com.es (20/05/14)
- [www.arquitectura-y-paja.org](http://www.arquitectura-y-paja.org) (20/05/14)
- [www.structuremag.org/article.aspx?articleID=1547](http://www.structuremag.org/article.aspx?articleID=1547) (27/05/14)
- [www.glassford.com.au/main/straw-bale-earthquake-test](http://www.glassford.com.au/main/straw-bale-earthquake-test) (30/05/14)
- [www.nees.unr.edu/projects/straw-house](http://www.nees.unr.edu/projects/straw-house) (30/05/14)
- [www.buildingscience.com/documents/digests/bsd-112-building-science-for-strawbale-buildings](http://www.buildingscience.com/documents/digests/bsd-112-building-science-for-strawbale-buildings) (30/05/14)
- [www.paksbab.org](http://www.paksbab.org) (30/05/14)
- [www.idae.es](http://www.idae.es) (03/06/14)
- [www.certificadodeeficiencia.es](http://www.certificadodeeficiencia.es) (03/06/14)
- [www.energies-renouvelables.org](http://www.energies-renouvelables.org) (03/06/14)
- [www.autoconstruccionmadera.blogspot.com.es/2013/02/balas-de-paja.html](http://www.autoconstruccionmadera.blogspot.com.es/2013/02/balas-de-paja.html)  
(08/06/14)
- [www.tallerkaruna.org](http://www.tallerkaruna.org) (08/06/14)
- [www.coloradostrawbale.org](http://www.coloradostrawbale.org) (13/06/14)
- [www.arquitecturaenfardos.cl](http://www.arquitecturaenfardos.cl) (13/06/14)
- [www.prairiefirenewspaper.com/2009/11/natural-building-pioneers-in-nebraska-had-it-right](http://www.prairiefirenewspaper.com/2009/11/natural-building-pioneers-in-nebraska-had-it-right) (19/06/14)

- [www.ambientum.com/boletino/noticias/La-paja-del-arroz-produce-biogas.asp](http://www.ambientum.com/boletino/noticias/La-paja-del-arroz-produce-biogas.asp)  
(20/06/14)
- [www.energias-renovables.com/articulo/la-albufera-de-valencia-apuesta-por-tres](http://www.energias-renovables.com/articulo/la-albufera-de-valencia-apuesta-por-tres)  
(20/06/14)
- [www.ecobservatorio.com](http://www.ecobservatorio.com) (20/06/14)
- [www.casayburro.es](http://www.casayburro.es) (25/06/14)
- [www.goatings.co.uk](http://www.goatings.co.uk) (25/06/14)
- [www.ebsteam.com.au](http://www.ebsteam.com.au) (28/06/14)
- [www.ovacen.com](http://www.ovacen.com) (28/06/14)
- [www.erikbjorkarchitect.net](http://www.erikbjorkarchitect.net) (28/06/14)

### 9.3. ÍNDICE DE IMÁGENES DEL TRABAJO

Figura 1- Análisis del consumo energético final y de las emisiones de CO2 por campo de actividad durante el año 2007. (IEA., 2008, p. 17) .....	9
Figura 2- Casa Antakarana hecha de superadobe en Castilla la mancha – www.casayburro.es .....	10
Figura 3- Estructura de caña – www.casadepaja.es .....	10
Figura 4- Casa de Cob – Naturalhomes 2012 www.goatings.co.uk .....	10
Figura 5- Casa de paja del arquitecto Tom Hahn – www.ebsteam.com.au .....	10
Figura 6- Casa de balas de paja de la familia Simonton en Purdum, Nebraska (1908) – www.prairiefinenewspaper.com .....	13
Figura 7- Iglesia Pilgrim Holiness en Arthur, Nebraska (1928) – www.buildipedia.com .....	13
Figura 8- La maison Feuillette antes y después (1920 / 2011) – Fondation du patrimoine français. ....	14
Figura 9- Iconos de diferentes asociaciones de construcción con paja alrededor del mundo, de sus respectivas páginas. ....	15
Figura 10- Centro escolar de balas de paja, Issy- les-Molineaux, Francia de los arquitectos Sonia Cortesse y Bernard Dufournet, presentación durante congreso sobre construcción con balas de paja. ....	16
Figura 11- Auditorio de balas de paja en Mazan, Francia del arquitecto Olivier Gaujard (2012) - presentación durante congreso sobre construcción con balas de paja. ....	16
Figura 12- Conjunto de fotos del ensayo de carga sobre muro de bala de paja revocados – www.strawbalebuilding.ca .....	22/23
Figura 13- Comportamiento de los muros de balas de paja según diferentes ensayos – Libro de Bruce King (2003) “Load-Bearing Straw bale construction” .....	23
Figura 14- Conjunto de imágenes del ensayo de resistencia sísmica realizado en la universidad de Nevada, Reno – www.nees.unr.edu/projects/straw-house) .....	25
Figura 15- Imágenes del ensayo de resistencia al fuego realizado con el laboratorio MPA en Alemania realizado por el FASBA – www.fasba.de .....	28

Figura 16- Gráfica de transmitancia de distintos materiales – Revista Ecohabitar .....	28
Figura 17- Ejemplo de etiqueta energética – Presentación Okambuva .....	28
Figura 18- Cuadro de porcentajes de etiquetas de certificación energética obtenidas en España – <a href="http://www.certificadodeeficiencia.es">www.certificadodeeficiencia.es</a> .....	28
Figura 19- Comparación de etiquetas energéticas de una edificación de balas de paja y otra convencional – presentación okambuva. ....	29
Figura 20- Gráfica de transpirabilidad de diferentes materiales – Revista Ecohabitar. ....	30
Figura 21- Sección de muro de paja con sus diferentes capas – cursos de construcción con paja en la UPV. ....	31
Figura 22- Resultados de ensayo de aislamiento acústico – Instituto de acústica y física de la edificación francés, profesor Doctor Ernst Jo. Völker.....	33
Figura 23- Acopio de balas de paja – Eugenio Pérez, <a href="http://www.panoramio.com">www.panoramio.com</a> .....	38
Figura 24- Balas de paja – <a href="http://www.activearquitectos.blogspot.com.es">www.activearquitectos.blogspot.com.es</a> .....	38
Figura 25- Quema de paja de arroz en la Albufera de Valencia – Irene Marsilla, <a href="http://www.las_provincias.es">www.las_provincias.es</a> .....	38
Figura 26- Tabla de clasificación de los tipos de paja según su resistencia – Maren Termen y Rikki Nitzkin del libro Casas de paja.....	40
Figura 27- Imagen del folleto de Waldland para estandarización de la bala de paja para la construcción en Austria. ....	42
Figura 28- Bala de paja con medidas – cursos de construcción con paja en la UPV.....	43
Figura 29- Imagen de la albufera – <a href="http://www.albufera.com">www.albufera.com</a> .....	45
Figura 30- Imagen de realización de fangueo en la albufera de valencia – <a href="http://www.elperiodic.com">www.elperiodic.com</a> .....	45
Figura 31- Embaladora de paja en marjal – imagen sacada de video de tracllorens (youtube) .....	45
Figura 32- Esgrafiados sobre revocos de arcilla y cal – Libro de Bill y Athena Steen. ....	48
Figura 33- Revoco con relieve - Libro de Bill y Athena Steen. ....	48
Figura 34- Revoco con arcilla en esquina – <a href="http://www-casadepaja.es">www-casadepaja.es</a> .....	48

Figura 35- Revoco de distintas tonalidades - Libro de Bill y Athena Steen. ....	48
Figura 36- Collage de texturas - Libro de Bill y Athena Steen. ....	49
Figura 37- Paleta de colores de arcillas – www.ecoclay.es .....	50
Figura 38- Arcilla con diferentes tipos de criba – www.charlymonky.blogspot.com.es .....	50
Figura 39- Tabla de tipos de cales – cursos de construcción con paja en la UPV. ....	52
Figura 40- Ciclo de la cal – cursos de construcción con paja en la UPV .....	53
Figura 41- Mortero para capa de imprimación, barbotina – cursos de construcción con paja en la UPV.....	54
Figura 42- Aplicación de barbotina sobre el muro de balas de paja – cursos de construcción con paja en la UPV .....	54
Figura 43- Mortero con fibra, arena y arcilla para capa de cuerpo – cursos de construcción con paja en la UPV .....	55
Figura 44- Mobiliario interior con capa de cuerpo – cursos de construcción con paja en la UPV .....	55
Figura 45- Aplicación de la capa de cuerpo – cursos de construcción con paja en la UPV .....	55
Figura 46- Relieves sobre muro con capa de cuerpo – cursos de construcción con paja en la UPV .....	55
Figura 47- Aplicación de capa de acabados con distintos morteros de arcilla finos – cursos de construcción con paja en la UPV .....	56
Figura 48- Resultado de diferentes morteros de arcilla y cal – cursos de construcción con paja en la UPV .....	56
Figura 49- Muestras clasificadas del resultado de distintos revocos – cursos de construcción con paja en la UPV .....	57
Figura 50- Aplicación de revocos de acabados para muestras – cursos de construcción con paja en la UPV .....	57
Figura 51- Edificaciones auto portantes de balas de paja en el Reino Unido – Amazon Nails. ....	59



Figura 52- Domo auto portante con balas de paja del arquitecto Gernot Minke en Eslovaquia – <a href="http://www.gernotminke.de">www.gernotminke.de</a> .....	60
Figura 53- Sobre cimentación con neumáticos – <a href="http://www.casadepaja.es">www.casadepaja.es</a> .....	61
Figura 54- Sobre cimentación con ladrillo cerámico – <a href="http://www.casadepaja.es">www.casadepaja.es</a> .....	61
Figura 55- Sobre cimentación de piedra – presentación okambuva. ....	62
Figura 56- Sobre cimentación con bloque de hormigón – <a href="http://www.casadepaja.es">www.casadepaja.es</a> .....	62
Figura 57- Sobre cimentación de una casa en Mallorca del arquitecto Rafael Sala Nowotny (2006) – <a href="http://www.rafaelsala.es">www.rafaelsala.es</a> .....	62
Figura 58- Marco inferior de madera para tipología Nebraska con clavos para mejorar adherencia – <a href="http://www.casadepaja.es">www.casadepaja.es</a> .....	62
Figura 59- Estacas atornilladas al marco inferior de madera para tipología Nebraska – fuente propia. ....	62
Figura 60- Dibujo de sistema Nebraska con todos los elementos necesarios – Maren Termens del libro Casas de paja.....	63
Figura 61- Grapa de esquina de madera para sistema Nebraska – Maren Termens del libro Casas de paja. ....	63
Figura 62- Dibujo de cajón portante de ventana para sistema Nebraska – Maren Termens del libro Casas de paja .....	64
Figura 63- Aplomado y nivelado de cajón de ventana sobre muro Nebraska – cursos de construcción con paja en la UPV. ....	64
Figura 64- Marco de esquina de madera para sistema Nebraska – cursos de construcción con paja en la UPV. ....	64
Figura 65- Montantes de madera arriostradas a modo de guías para mantener la plomada en el sistema Nebraska – cursos de construcción con paja en la UPV .....	64
Figura 66- Zuncho perimetral superior para sistema Nebraska – Maren Termens del libro Casas de paja. ....	65
Figura 67- Grupo de imágenes de cinchas de camión para compresión de muro Nebraska y nivelado durante la misma – cursos de construcción con paja en la UPV .....	65

Figura 68- Amarrado del muro después de la compresión con cables metálicos – www.casadepaja.es .....	66
Figura 69- Detalle vierteaguas bajo muro para sistema Nebraska – Maren Termens del libro Casas de paja. ....	66
Figura 70- Casa con estructura de madera y cerramiento de balas de paja, Austria – www.baubiologie.at .....	68
Figura 71- La maison des vergers ERP, Vandoucourt, Francia - www.compailleurs.eu .....	68
Figura 72- Conjunto de fotos de compresión de muros de cerramiento de balas de paja con gatos, gatos hidráulicos y bolsas de aire – presentación de okambuva. ....	70
Figura 73- Montaje de estructura de madera con postes y vigas y realización de su cerramiento con relleno de balas de paja. – presentación del Réseau français de la construction en paille. ....	71
Figura 74- Casa de paja realizada con Greb en Sagunto – www.casadepaja.es .....	72
Figura 75- Perspectiva de la ejecución de la técnica Greb. – www.campaillons.eu .....	74
Figura 76- Secuencia de imágenes de la ejecución de un muro mediante la técnica Greb. – cursos de construcción con paja en la UPV. ....	74/75
Figura 77-Edificio con sistema modular prefabricado de paja en Ámsterdam – Presentación “Use of straw in Dutch architecture”. ....	76
Figura 78- Edificio con sistema modular prefabricado de paja en Kampen - Presentación “Use of straw in Dutch architecture”. ....	77
Figura 79- Vivienda de paneles prefabricados de paja en Stupava, Eslovaquia – www.erikbjorkarchitect.net .....	77
Figura 80-Vivienda de paneles prefabricados de paja en Alterburg, Alemania - www.erikbjorkarchitect.net .....	77
Figura 81- Montaje de sistemas modulares prefabricados de paja ecococon – www.ecococon.lt .....	78
Figura 82- Secuencia de imágenes de la realización de módulos prefabricados de paja – cursos de construcción con paja en la UPV .....	79
Figura 83- Secuencia de imágenes de la colocación de un forrado de paja	

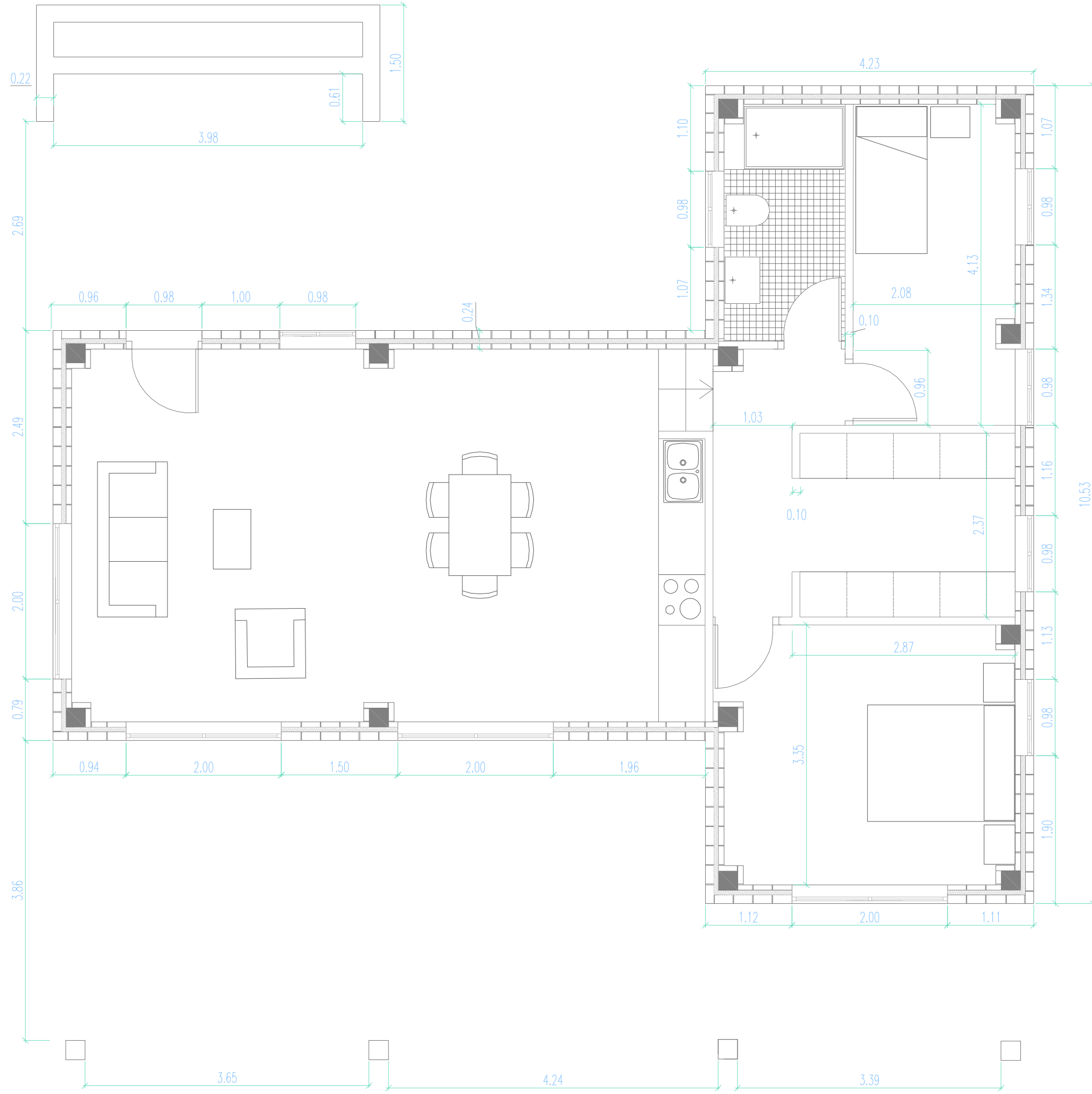
– presentación okambuva. ....	80
Figura 84- Hotel en Haps, Paises bajos con sistema CUT – Presentación “Use of straw in Dutch architecture”. ....	82
Figura 85- Vivienda unifamiliar realizada con sistema CUT en Veghel, Paises Bajos - Presentación “Use of straw in Dutch architecture”. ....	82
Figura 86- Secuencia de imágenes del proceso constructivo de un muro con el sistema CUT – cursos de construcción con paja en la UPV .....	84/85/86
Figura 87- Dibujo de instalaciones incorporadas en un muro de paja – Maren Termens del libro Casas de paja .....	86
Figura 88- Instalación de fontanería en una casa de paja – <a href="http://www.casadepaja.es">www.casadepaja.es</a> .....	87
Figura 89- Instalación de pared radiante para una casa de paja - <a href="http://www.casadepaja.es">www.casadepaja.es</a> .....	87
Figura 90- Tubos para paso de cableado eléctrico – <a href="http://www.casadepaja.es">www.casadepaja.es</a> .....	87
Figura 91- Caja de registro de cableado eléctrico con fijación por estaca – <a href="http://www.casadepaja.es">www.casadepaja.es</a> .....	87
Figura 92- Dibujo de atornillado y estacado de cajas de registro de electricidad – propio.....	88
Figura 93- Detalle de cimentación para supuesto de comparación de construcción convencional – propio.....	94
Figura 94- Detalle de carpintería para supuesto de comparación de construcción convencional – propio.....	94
Figura 95- Detalle de cubierta para supuesto de comparación de construcción convencional – propio.....	95
Figura 96- Detalle de cimentación y sobre cimentación para supuesto de comparación de construcción con balas de paja – propio.....	99
Figura 97- Detalle de carpintería para supuesto de comparación de construcción con balas de paja – propio.....	100
Figura 98- Detalle de cubierta verde para supuesto de comparación de construcción	

con balas de paja – propio.....	100
Figura 99- Dibujo de resolución de esquina para el sistema C.U.T – propio.....	101
Figura 100- Dibujo de sobre cimentación y pilares estructurales – propio.....	101
Figura 101- Dibujo de marco inferior, montantes y vigas – propio.....	102
Figura 102- Dibujo de relleno de paja y tablero OSB en cubierta –propio. ....	102
Figura 103- Dibujo de revoco con terminación de cubierta –propio. ....	102
Figura 104- Gráfico de producción de CO <sub>2</sub> comparando construcción con paja y construcción con acero y hormigón – www.fasba.de .....	110
Figura 105- Etiquetas energéticas de cada uno de los supuestos – fuente propia .....	112
Figura 106- Resumen de presupuesto de los dos supuestos a comparar- fuente propia .....	113

## 10. ANEXOS

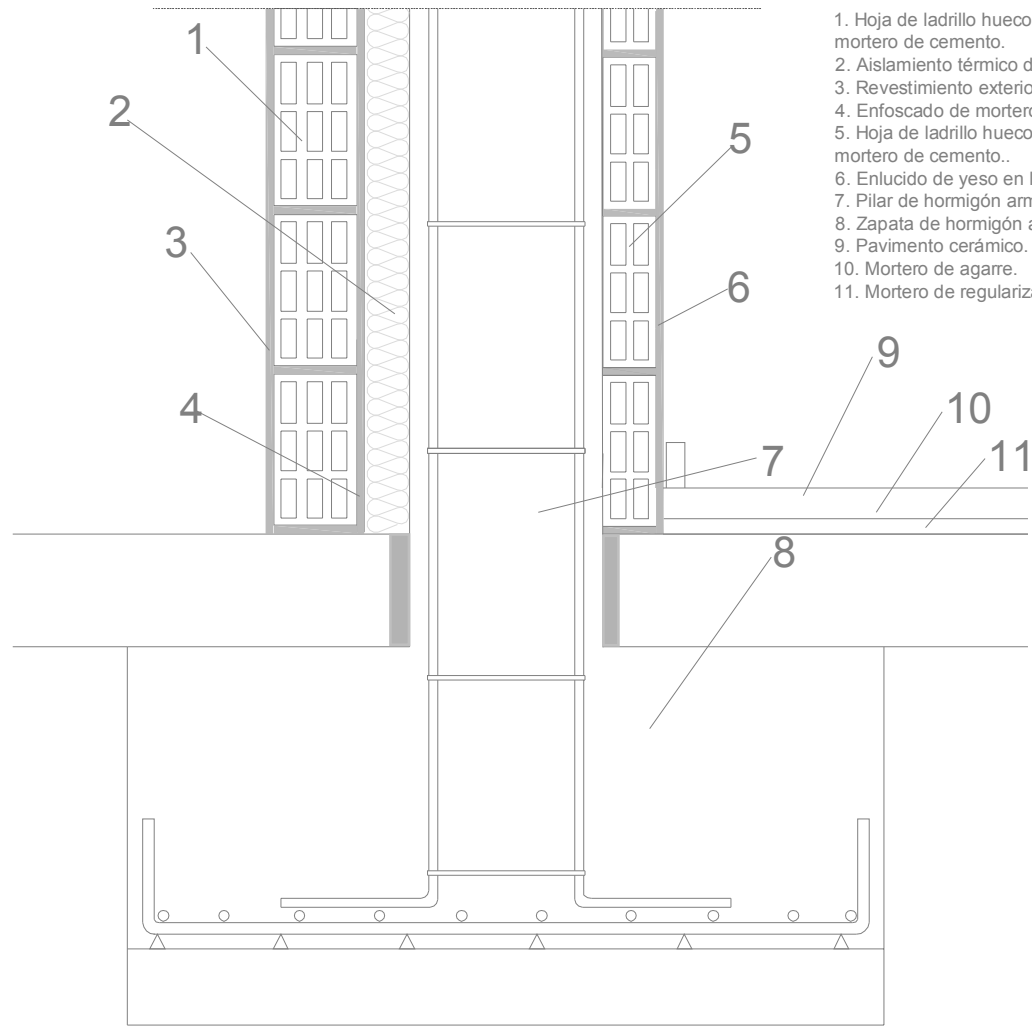


## 10.1 PLANOS DE PLANTAS DE SUPUESTOS DE COMPARACIÓN

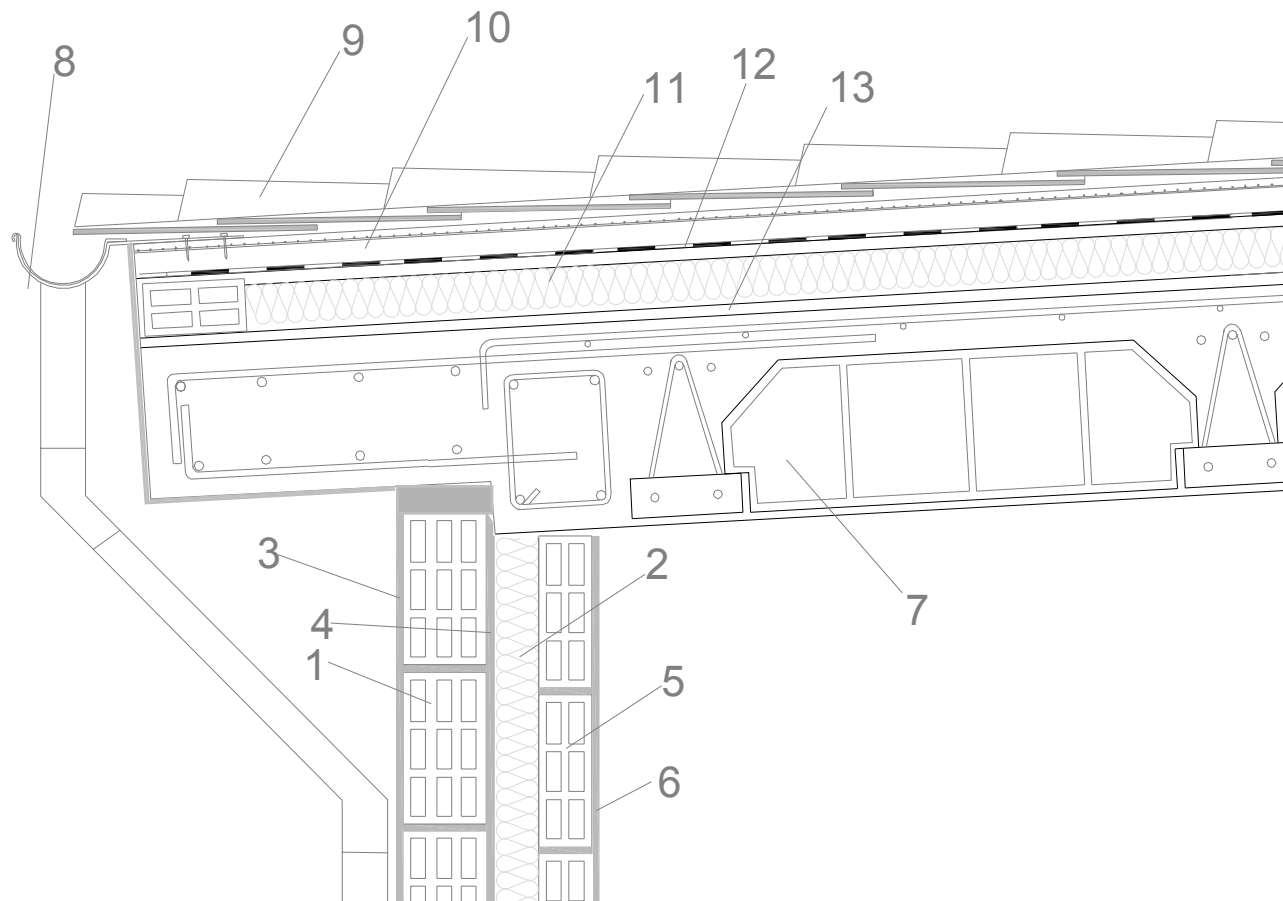




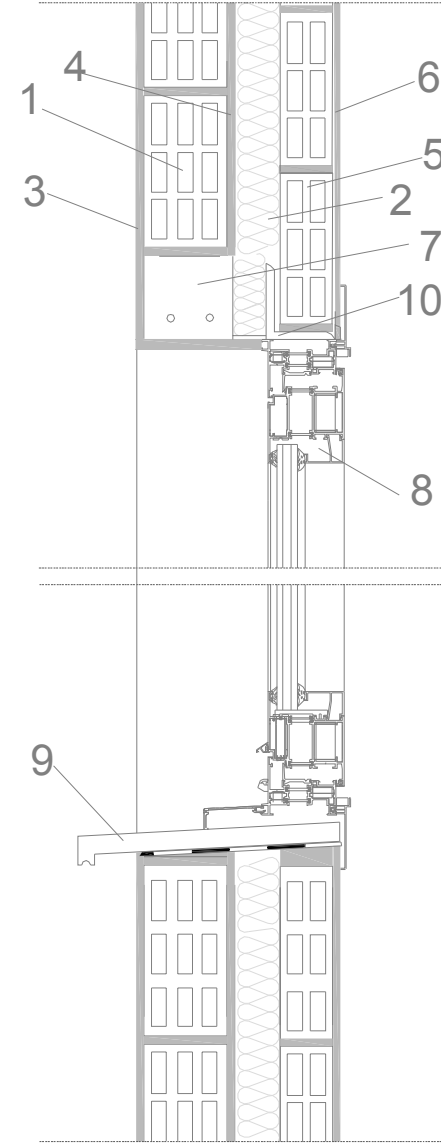
## 10.2 PLANOS DE DETALLES DE SUPUESTOS DE COMPARACIÓN



1. Hoja de ladrillo hueco doble de 11 cm de espesor, tomado con mortero de cemento.
2. Aislamiento térmico de 6cm de espesor, poliestireno extruido.
3. Revestimiento exterior de mortero monocapa.
4. Enfoscado de mortero hidrófugo.
5. Hoja de ladrillo hueco doble de 7 cm de espesor, tomado con mortero de cemento..
6. Enlucido de yeso en la cara interior del cerramiento.
7. Pilar de hormigón armado de 25x25 cm.
8. Zapata de hormigón armado de 1x1x0.4 m.
9. Pavimento cerámico.
10. Mortero de agarre.
11. Mortero de regularización.

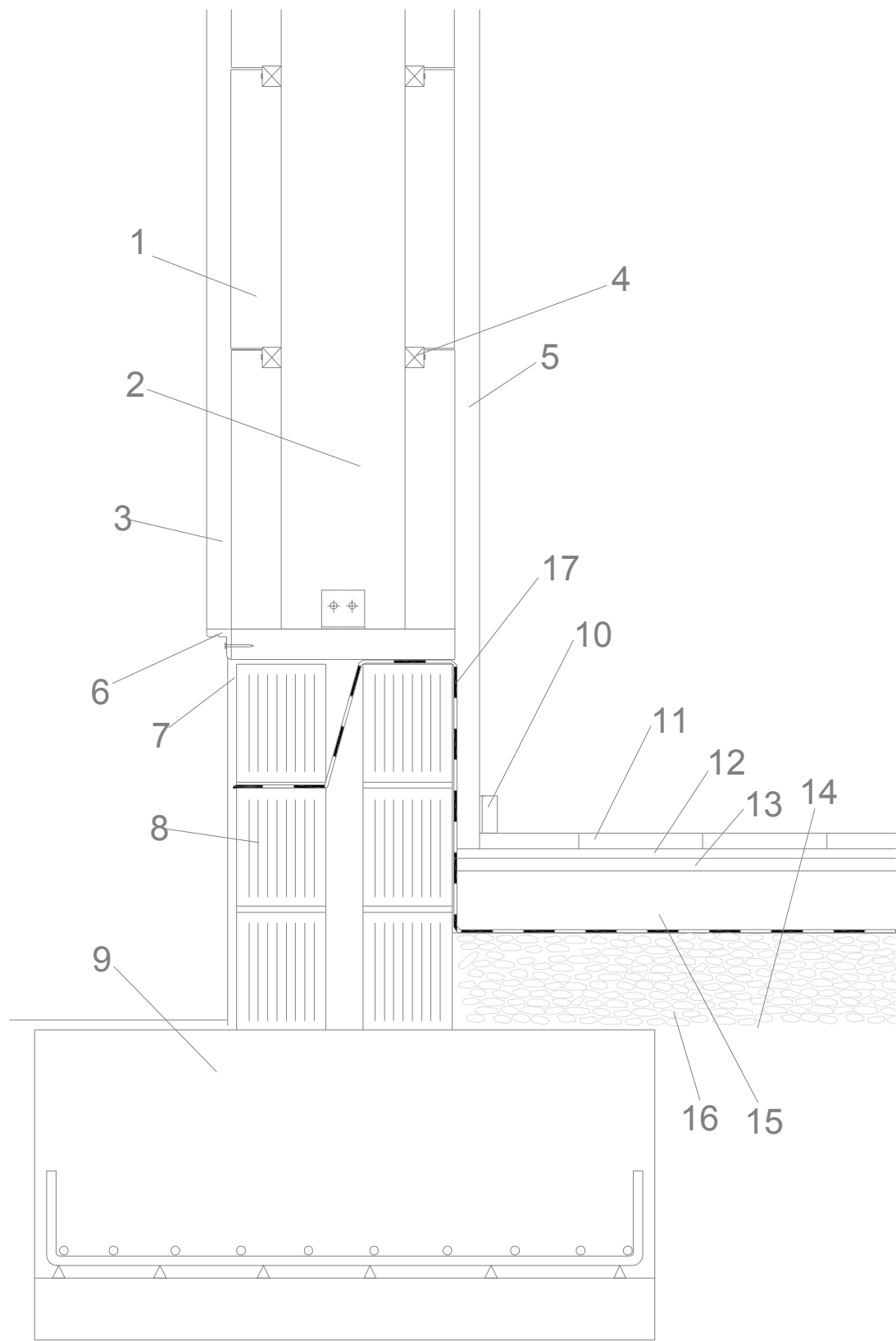


1. Hoja de ladrillo hueco doble de 11 cm de espesor, tomado con mortero de cemento.
2. Aislamiento térmico de 6cm de espesor, poliestireno extruido.
3. Revestimiento exterior de mortero monocapa.
4. Enfoscado de mortero hidrófugo.
5. Hoja de ladrillo hueco doble de 7 cm de espesor, tomado con mortero de cemento..
6. Enlucido de yeso en la cara interior del cerramiento.
7. Forjado unidireccional realizado con bovedillas de hormigón, viguetas semirresistentes y hormigón armado (25+5 cm).
8. Canalón de PVC.
9. Teja curva cerámica.
10. Mortero de regularización con malla electrosoldada y pelladas de agarre para las tejas.
11. Aislamiento térmico, poliestireno extruido.
12. Lámina impermeabilizante de EPDM.
13. Mortero de regularización.

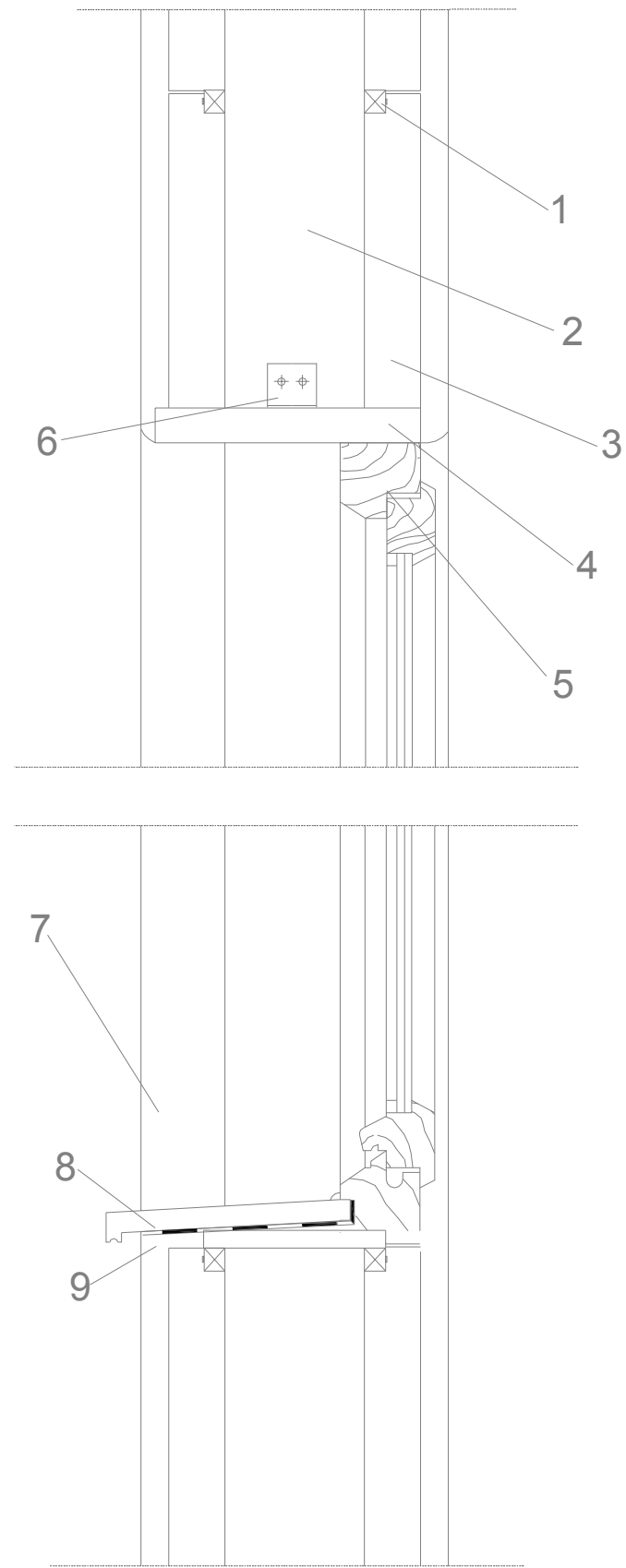


1. Hoja de ladrillo hueco doble de 11 cm de espesor, tomado con mortero de cemento.
2. Aislamiento térmico de 6cm de espesor, poliestireno extruido.
3. Revestimiento exterior de mortero monocapa.
4. Enfoscado de mortero hidrófugo.
5. Hoja de ladrillo hueco doble de 7 cm de espesor, tomado con mortero de cemento..
6. Enlucido de yeso en la cara interior del cerramiento.
7. Vigüeta in situ de hormigón armado a modo de dintel.
8. Carpintería de PVC .
9. Vierteaguas de piedra con goterón y lámina impermeable en la parte inferior.
10. Angular metálico como dintel para la hoja interior.

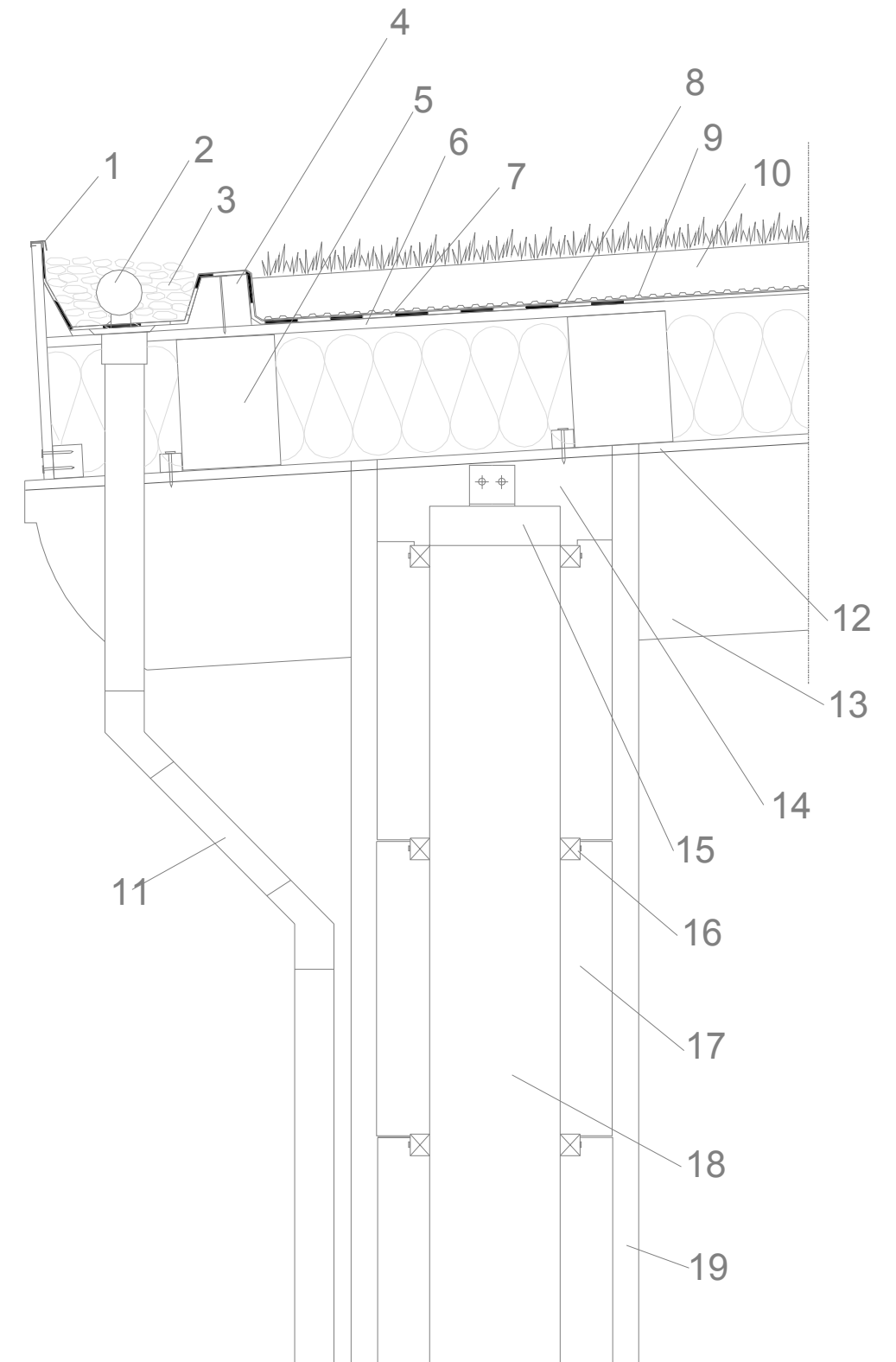




1. Bala de paja de (0.45x0.36x1 m)
2. Montante de madera de (0.20x0.05m) de sección.
3. Revoco de arcilla y cal para exterior.
4. Listones de madera (0.03x0.03m).
5. Revoco de arcilla para interior.
6. Vierteaguas metálico bajo muro.
7. Revestimiento de arcilla y cal para sobrecimentación.
8. Sobrecimentación de bloque de termoarcilla tomado con mortero.
9. Zapata de hormigón armado.
10. Zócalo cerámico.
11. Pavimento cerámico.
12. Mortero de agarre.
13. Mortero de regularización.
14. Lámina impermeabilizante EPDM.
15. Losa de hormigón armado.
16. Encachado de bolos.
17. Lámina impermeable.



1. Listones de madera (0.03x0.03m).
2. Montante de madera de (0.20x0.05m) de sección.
3. Bala de paja de (0.45x0.36x1 m).
4. Cargadero de madera para hueco.
5. Carpintería de madera.
6. Angulares de sujeción de acero galvanizado.
7. Revestimiento de arcilla y cal.
8. Vierteaguas cerámico con goterón en alféizar con lámina EPDM bajo ella.
9. Chapa de madera a modo de alféizar.



1. Chapa de zinc.
2. Tubo drenante.
3. Capa drenante de agua.
4. Taco perimetral de retención de tierras.
5. Viguetas de madera.
6. Tablero de OSB-3.
7. Lámina impermeabilizante de EPDM.
8. Geotextil
9. Lámina drenante con nódulos de alta densidad.
10. Sustrato de 6 cm de espesor.
11. Bajante pluvial de PVC.
12. Tablero de fibra natural atornillado a las vigas.
13. Viga de madera.
14. Relleno con librillos de paja suelta revestidos hasta techo.
15. Chapa de madera de remate superior.
16. Listones de madera (0.03x0.03m)
17. Bala de paja de (0.45x0.36x1 m)
18. Montante de madera de (0.20x0.05m) de sección.
19. Revoco de arcilla para interior.

## 10.3 PRESUPUESTO DE SISTEMA CONVENCIONAL DE ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO.

## PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN – CONSTRUCCIÓN CONVENCIONAL ESTRUCTURA H.A

### CAPÍTULO 01 MOVIMIENTO DE TIERRAS

**m2**

**Limpieza terreno mecánico**

Desbroce y limpieza del terreno con medios mecánicos una capa de 10 cm de espesor.

1	17,25	17,25			297,56
---	-------	-------	--	--	--------

	297,56	0,96	285,66
--	--------	------	--------

**m3**

**Excv zanja medios retro**

Excavación para la formación de zanja, en terrenos medios, con retroexcavadora, incluso ayuda manual en las zonas de difícil acceso, limpieza y extracción de restos a los bordes y carga sobre transporte

Zapatas:	16	1,00	1,00	0,60	9,60
Riostras:	4	4,92	0,45	0,50	4,43
	2	1,48	0,45	0,50	0,67
	2	1,10	0,45	0,50	0,50
	2	1,35	0,45	0,50	0,61
	2	3,45	0,45	0,50	1,55
	11	3,20	0,45	0,50	7,92

	25,28	9,63	243,45
--	-------	------	--------

**TOTAL CAPÍTULO 01 MOVIMIENTO DE TIERRAS ..... 529,11**

### CAPÍTULO 02 RED HORIZONTAL

**u**

**Conexión red saneamiento**

Trabajos de conexión a red de saneamiento existente.

1					1,00
---	--	--	--	--	------

	1,00	380,00	380,00
--	------	--------	--------

**m**

**Bajante PVC sr-B DN110mm 40%acc**

Bajante para evacuación de aguas fecales de todo tipo según norma UNE-EN 1453, con tubo de PVC de diámetro 110mm, y espesor 3,20mm, unión por encolado, con comportamiento frente al fuego B-s3,d0 según normas RD 312/2005, con incremento del precio del tubo del 40% en concepto de uniones, accesorios y piezas especiales, incluso ayudas de albañilería.

3			0,50		1,50
---	--	--	------	--	------

	1,50	19,17	28,76
--	------	-------	-------

**m**

**Colección PVC 110mm peg**

Colector enterrado realizado con un tubo liso de PVC para saneamiento, de diámetro 110mm, unión pegada y espesor según la norma UNE EN 1401-I, colocado en zanja de ancho 500+110mm, sobre lecho de arena / grava de espesor 100+110/100mm, sin incluir excavación, relleno de la zanja ni compactación final.

1	22,32		22,32		
				22,32	12,16
					271,41

**u** **Arq cua PP p 55x55cm tap cie**  
Arqueta de ladrillo, cuadrada, registrable, de medidas 55x55cm, con conexiones laterales adaptables a tubos de diámetro de 160 a 315mm, con tapa ciega y marco de PVC, totalmente instalada.

3			3,00		
				3,00	153,12
					459,36

**TOTAL CAPÍTULO 02 RED HORIZONTAL ..... 1.139,53**

### CAPÍTULO 03 CIMENTACIÓN

**m2** **H Limpieza 150/P/20 e=10 cm**  
Capa de hormigón de limpieza HL-150/P/20, para formación de solera de asiento, con una dosificación mínima de cemento de 150 kg/m<sup>3</sup>, de consistencia plástica, tamaño máximo del árido 20 mm y 10 cm de espesor, en la base de la cimentación, transportado y puesto en obra, según EHE-08.

zapatas	16	1,00	1,00		16,00
riostras	4	4,92	0,45		8,86
	2	1,48	0,45		1,33
	2	1,10	0,45		0,99
	2	1,35	0,45		1,22
	2	3,45	0,45		3,11
	11	3,20	0,45		15,84
				47,35	8,10
					383,54

**m3** **HA 25 znj-zap-rios blanda 20**  
Hormigón HA 25/B/20/IIa preparado HA 25 en cimentaciones de zanjas, zapatas y riostras, de consistencia blanda y tamaño máximo del árido 20 mm, transportado y puesto en obra según EHE-08.

zapatas	16	1,00	1,00	0,50	8,00
riostras	4	4,92	0,45	0,40	3,54
	2	1,48	0,45	0,40	0,53
	2	1,10	0,45	0,40	0,40
	2	1,35	0,45	0,40	0,49
	2	3,45	0,45	0,40	1,24
	11	3,20	0,45	0,40	6,34
				20,54	88,27
					1.813,07

**m2** **Impz solera PVC 1.5mm**  
Impermeabilización de solera, mediante membrana impermeabilizante no adherida, compuesta por lámina de policloruro de vinilo (PVC), de 1.5 mm de espesor, sin armadura, con los solapos soldados con aire caliente, incluso limpieza previa del soporte, mermas y solapos, según DB HS-1 del CTE.

1	17,25	17,25		297,56	
---	-------	-------	--	--------	--

297,56      11,15      3.317,79

**m2**

**Enca 15 cm grv clz c/transp**

Encachado de 15cm de espesor para base de solera, mediante relleno y extendido en tongadas de espesor no superior a 20cm de grava caliza; y posterior compactación mediante equipo mecánico con bandeja vibratoria, sobre la explanada homogénea y nivelada (no incluida en este precio). Incluso carga y transporte hasta 10Km. y descarga a pie de tajo de los áridos a utilizar en los trabajos de relleno y regado de los mismos.

1      17,25      17,25      297,56

297,56      7,82      2.326,91

**m2**

**Solera HA-25/B/20/Ila 10cm**

Solera de 10cm de espesor, de hormigón armado HA-25/B/20/Ila fabricado en central; realizada sobre capa base existente (no incluida en este precio). Incluso curado y vibrado del hormigón con regla vibrante, formación de juntas de hormigonado y plancha de poliestireno expandido de 2cm de espesor para la ejecución de juntas de contorno, colocada alrededor de cualquier elemento que interrumpa la solera, como pilares y muros, terminación mediante reglado, según EHE-08.

1      17,25      17,25      297,56

297,56      17,15      5.103,15

**TOTAL CAPÍTULO 03 CIMENTACIÓN ..... 12.944,46**

**CAPÍTULO 04 ESTRUCTURA**

**m2**

**Fjdo unid e/e 70cm 25+5 bov H**

Forjado unidireccional inclinado de hormigón armado de 25 N/mm<sup>2</sup>, (HA 25/B/12/Ila), consistencia blanda, tamaño máximo de árido 12mm, clase general de exposición normal, mallazo ME 15x30 de diámetro 5-5mm de acero B 500 T, con una cuantía de acero B 500 S de 1.30 kg/m<sup>2</sup>, con semivigueta armada, para canto 25+5cm e intereje de 70cm, con bovedilla de hormigón, incluso vibrado, curado, encofrado y desencofrado, según EHE-08.

caseta

1      13,26      4,26      56,49  
1      10,77      8,40      90,47  
1      4,16      4,42      18,39

165,35      38,95      6.440,38

**m3**

**HA 30 e/sop25x25 alt<3.5**

Hormigón armado de 30 N/m<sup>2</sup> (HA 30/B/20/Ila) preparado, en soportes de 25x25cm y altura <3.5m, con una cuantía media de 95 kg de acero B 500 S, incluso curado, encofrado metálico y desencofrado, según EHE-08.

2      0,25      0,25      2,59      0,32  
4      0,25      0,25      2,87      0,72  
4      0,25      0,25      3,50      0,88  
4      0,25      0,25      3,98      1,00

2,92      352,17      1.028,34



m2

**Losa incl HA 25 cent rev peld 15**

Losa inclinada de escalera realizada con hormigón HA 25/B/20/IIa de 15cm de espesor con una cuantía media de 13 kg/m2 de acero B 500 S, para revestir, con formación de peldaños, encofrado, vibrado, curado y desencofrado, según EHE-08.

2	1,00	0,70	1,40
---	------	------	------

---

1,40	96,07	134,50
------	-------	--------

**TOTAL CAPÍTULO 04 ESTRUCTURA..... 7.603,22**

**CAPÍTULO 05 CUBIERTA**

m

**Can ch a galv cir medn 30%acc**

Canalón y bajantes visto de chapa de acero galvanizado, de perfil circular, y desarrollo 280mm para evacuación de pluviales, con incremento del precio del tubo del 30% en concepto de uniones, accesorios y piezas especiales.

1	4,65		4,65
1	8,40		8,40
1	2,48		2,48
3		2,70	8,10

---

23,63	19,14	452,28
-------	-------	--------

m2

**Enf M-15 bruñ hrz ext**

Enfoscado sin maestrear bruñido, con mortero de cemento M-15 en paramento horizontal exterior, según NTE-RPE-6.

1	13,26	4,26	56,49	
1	10,77	8,40	90,47	
caseta	1	4,16	4,42	18,39

---

165,35	9,63	1.592,32
--------	------	----------

m2

**Impz LBM-40-FP SBS adh c/prot**

Impermeabilización de cubierta inclinada no transitable bajo teja u otro tipo de protección, mediante membrana monocapa adherida compuesta por lámina de betún modificado con elastómeros SBS tipo LBM-40-FP, de masa total 40 gr/dm2, de superficie no protegida, con armadura constituida por fieltro de poliéster no tejido FP.160 (160gr/m2), adherida al soporte mediante calor previa imprimación con 0.35 kg/m2 de emulsión bituminosa negra tipo EB, en faldones con pendientes <=15%, incluso limpieza previa del soporte, imprimación, mermas y solapos, según DB HS-1 del CTE y Documento: Impermeabilización en la edificación sobre y bajo rasante con láminas bituminosas modificadas de ANFI.

1	13,26	4,26	56,49	
1	10,77	8,40	90,47	
caseta	1	4,16	4,42	18,39

---

165,35	14,84	2.453,79
--------	-------	----------

m2

**Cobertura teja mix c rj recib**

Cobertura con teja plana mixta de cerámica roja, a razón de 12 piezas/m2, recibidas con mortero de cemento por su encaje superior, incluso limpieza, regado de la superficie, replanteo y colocación.

1	13,26	4,26	56,49
---	-------	------	-------



		Enfoscado impermeabilizante			190,59	24,89	4.743,79
<b>m2</b>							
Enfoscado sin maestrear y revoco fratasado, realizado con mortero de cemento M-15, con impermeabilizante hidrófugo, incluso lechada de cemento, indicado para la impermeabilización de depósitos de agua, piscinas, canales, etc, en interior de sótanos y exterior de muros enterrados.							
	1	4,65	2,29	10,65			
	1	2,48	2,29	5,68			
	1	2,48	0,29	0,36	D/2		
	1	8,40	2,55	21,42			
	1	5,70	2,55	14,54			
	1	5,70	0,93	2,65	D/2		
	1	8,40	3,22	27,05			
	1	2,10	3,22	6,76			
	1	2,10	0,22	0,23	D/2		
	1	4,65	3,44	16,00			
	1	10,95	2,29	25,08			
	1	10,95	1,15	6,30	D/2		
<b>caseta</b>	1	4,42	4,80	21,22			
	2	1,50	4,00	12,00			
	2	1,50	0,80	1,20	d/2		
	1	4,42	4,40	19,45			
					190,59	21,43	4.084,34

		Rev monocapa proy med vert mec			190,59	16,94	3.228,59
<b>m2</b>							
Revestimiento continuo con mortero monocapa acabado con árido proyectado de granulometría media comprendida entre 5 y 9 mm en paramentos verticales, color a determinar, realizado mediante la aplicación mecánica de una capa de 15 mm de espesor medio y posterior proyección del árido, incluso preparación previa del soporte con limpieza, regulación y planeado y formación de aristas, considerando la planificación y colocación de juntas de trabajo con junquillos de PVC y parte proporcional de colocación de malla de fibra de vidrio en encuentros de materiales distintos, según NTE-RPR-9.							
	1	4,65	2,29	10,65			
	1	2,48	2,29	5,68			
	1	2,48	0,29	0,36	D/2		
	1	8,40	2,55	21,42			
	1	5,70	2,55	14,54			
	1	5,70	0,93	2,65	D/2		
	1	8,40	3,22	27,05			
	1	2,10	3,22	6,76			
	1	2,10	0,22	0,23	D/2		
	1	4,65	3,44	16,00			
	1	10,95	2,29	25,08			
	1	10,95	1,15	6,30	D/2		
<b>caseta</b>	1	4,42	4,80	21,22			
	2	1,50	4,00	12,00			
	2	1,50	0,80	1,20	d/2		
	1	4,42	4,40	19,45			
					190,59	16,94	3.228,59

**TOTAL CAPÍTULO 06 FACHADA ..... 12.496,58**



lación y tratamiento de juntas, listo para pintar.

1	4,92	4,92		
		4,92	27,73	136,43
<b>TOTAL CAPÍTULO 08 FALSOS TECHOS.....</b>			<b>1.850,33</b>	

## CAPÍTULO 09 AISLAMIENTOS

**m2**

**Aisl cub XPS 0.034 e50mm**

Aislamiento térmico en cubiertas inclinadas con tejas adheridas, con poliestireno extruido (XPS) de 50mm de espesor, mecanizado lateral media madera y superficie ranurada, con una conductividad térmica de 0.034 W/mK y resistencia térmica 1.50 m2K/W, reacción al fuego Euroclase E, código de designación XPS-EN 13164 -

T1-CS(10\Y)200-DS(T+)-DS(TH)-DLT(2)5-CC(2/1,5/50)60-WL(T)0,7-WD(V)5-FT2, incluso parte proporcional de elementos de sujeción y corte del aislante.

	1	4,65	2,29	10,65	
	1	2,48	2,29	5,68	
	1	2,48	0,29	0,36	D/2
	1	8,40	2,55	21,42	
	1	5,70	2,55	14,54	
	1	5,70	0,93	2,65	D/2
	1	8,40	3,22	27,05	
	1	2,10	3,22	6,76	
	1	2,10	0,22	0,23	D/2
	1	4,65	3,44	16,00	
	1	10,95	2,29	25,08	
	1	10,95	1,15	6,30	D/2
caseta	1	4,42	4,80	21,22	
	2	1,50	4,00	12,00	
	2	1,50	0,80	1,20	d/2
	1	4,42	4,40	19,45	
			190,59	19,79	3.771,78

**m2**

**Aisl fach XPS 0.034 60mm**

Aislamiento térmico intermedio de fachadas en muros de doble hoja de fábrica, con poliestireno extruido (XPS) de 60mm de espesor, mecanizado lateral machihembrado y superficie lisa, con una conductividad térmica de 0.034 W/mK y resistencia térmica 1.80 m2K/W, reacción al fuego Euroclase E, código de designación XPS-EN 13164 - T1-CS(10\Y)150-MU80, incluso parte proporcional de elementos de sujeción y corte del aislante.

	1	4,65	2,29	10,65	
	1	2,48	2,29	5,68	
	1	2,48	0,29	0,36	D/2
	1	8,40	2,55	21,42	
	1	5,70	2,55	14,54	
	1	5,70	0,93	2,65	D/2
	1	8,40	3,22	27,05	
	1	2,10	3,22	6,76	
	1	2,10	0,22	0,23	D/2
	1	4,65	3,44	16,00	
	1	10,95	2,29	25,08	
	1	10,95	1,15	6,30	D/2

caseta	1	4,42	4,80	21,22		
	2	1,50	4,00	12,00		
	2	1,50	0,80	1,20	d/2	
	1	4,42	4,40	19,45		
				190,59	19,12	3.644,08

m2

**Aisl tch MW 0.034 e30mm**

Aislamiento térmico sobre falso techo decorativo, con lana mineral (MW) de 30mm de espesor, con un velo de vidrio negro por una de sus caras, con una conductividad térmica de 0.034 W/mK y resistencia térmica 0.85 m2K/W, reacción al fuego Euroclase A2-s1, d0, código de designación MW-EN 13162 - T1, incluso parte proporcional de elementos de sujeción y corte del aislante.

cocina	1	39,93		39,93		
dormitorios	1	11,68		11,68		
vestidor	1	7,43		7,43		
dormitorio 2	1	9,27		9,27		
	1	4,92		4,92		
				73,23	10,52	770,38

**TOTAL CAPÍTULO 09 AISLAMIENTOS ..... 8.186,24**

**CAPÍTULO 10 CARPINTERIA EXTERIOR**

u

**Prta 1hj 90x200 4-10-6inc**

Puerta de entrada, con una hoja abatible de eje vertical, de 90x200cm, perfiles de PVC, con refuerzos interiores de acero galvanizado, manilla y herrajes bicromatados acristalada con vidrio doble incoloro 4-10-6, incluso montaje y regualción.

1		1,00				
				1,00	325,03	325,03

u

**Vent 2hj 200x120 4-10-6inc cinta**

Ventana de dos hojas deslizantes, de 200x120cm de perfiles de PVC, con refuerzos interiores de acero galvanizado, manillas y herrajes bicromatados, acristalada con vidrio doble incoloro 4-10-6, incluso conjunto de doble persiana, compuesto de capialzado 158/180mm, lamas, guías, recogedores y cintas de accionamiento, montaje y regulación.

1		1,00				
				1,00	620,85	620,85

u

**Prta 2hj 200x200 4-10-6inc cinta**

Puerta balconera, sistema deslizante, formada por dos hojas deslizantes, de 200x200cm de perfiles de PVC, con refuerzos interiores de acero galvanizado, manillas y herrajes bicromatados, acristalada con vidrio doble incoloro 4-10-6, incluso conjunto de doble persiana, compuesto de capialzado 188/210mm, lamas, guías, recogedores y cintas de accionamiento, montaje y regulación.

2		2,00				
				2,00	823,72	1.647,44

u

**Vent 1hj 98x150 4-10-6inc cinta**

Ventana de una hoja oscilobatiente, de 98x150cm, doble junta de caucho sintético alrededor del marco, perfiles de PVC, con refuerzos interiores de acero galvanizado, manilla y herrajes bicromatados, acristalada con vidrio doble incoloro 4-10-6, incluso conjunto persiana, compuesto de capialzado 158/180mm, lamas, guías, recogedor y cinta de accionamiento, montaje y regulación.



6

6,00

6,00

436,89

2.621,34

**TOTAL CAPÍTULO 10 CARPINTERIA EXTERIOR ..... 5.214,66**

## CAPÍTULO 11 CARPINTERIA INTERIOR

u

### Prta ab MDF lacada 1 hj-82.5

Puerta de paso abatible de MDF lacada, de 1 hoja ciega lisa de 203x82.5x3.5cm, con precerco de pino de 80x35mm, cerco de 80x30mm, tapajuntas de 70x12mm, pernios latonados de 80mm y cerradura con pomo, incluso recibido y aplomado del cerco, ajustado de la hoja, fijación de los herrajes, nivelado, pequeño material y ajuste final, según NTE/PPM-8.

1

1,00

1,00

285,99

285,99

m2

### Mod lis 2420x496-1hj fib pint

Módulo completo de armario formada por fibras para pintar de superficie lisa y de dimensiones 2420x496mm, formado por una hoja abatible de altura 2330mm, anchura 480mm y grosor 19mm, e interior de melamina con baldas y barra de colgar, incluido tapajuntas a una cara en aglomerado rechapado en madera, bisagras, tirador por hoja y juego de tornillos y barnizado de la madera, colocación, nivelación y ajuste final.

2

2,77

2,30

12,74

12,74

141,72

1.805,51

**TOTAL CAPÍTULO 11 CARPINTERIA INTERIOR..... 2.091,50**

## CAPÍTULO 12 REVESTIMIENTO DE SUELO

m2

### Gres 35x35 MC jnt min L

Pavimento cerámico porcelánico con junta mínima (1.5 - 3mm) realizado con baldosa de gres esmaltado blanco de 35x35cm, colocado en capa gruesa con mortero de cemento y rejuntado con lechada de cemento (L), incluso cortes y limpieza.

cocina

1

39,93

39,93

dormitorios

1

11,68

11,68

vestidor

1

7,43

7,43

dormitorio 2

1

9,27

9,27

68,31

26,46

1.807,48

m2

### Gres 35x35 MC cuartos de baños

Pavimento porcelánico cerámico con junta (>3mm) realizado con baldosa de gres esmaltado blanco de 35x35cm, colocado en capa gruesa con mortero de cemento y rejuntado con undefined, incluso cortes y limpieza.

4

4,92

19,68

19,68

26,32

517,98

m

**Rod gres 8x30 MC L**

Rodapié de gres esmaltado blanco con junta mínima (1.5 - 3mm) de 8x30cm, colocado en capa gruesa con mortero de cemento y rejuntado con lechada de cemento (L), incluso cortes y limpieza, según Guía de la Baldosa Cerámica (Documento Reconocido por la Generalitat DRB 01/06).

1	58,47	58,47		
			58,47	7,52
				439,69

m

**Peld gres rust c/tab MC L**

Peldaño realizado con baldosa de gres rústico con junta mínima (1.5 - 3mm), tomado con mortero de cemento (MC) y rejuntado con lechada de cemento (L), incluso cortes y limpieza, según Guía de la Baldosa Cerámica (Documento Reconocido por la Generalitat DRB 01/06).

4	1,00	4,00		
			4,00	34,58
				138,32

u

**Zquin gres esm MC L**

Zanquín realizado con gres esmaltado con junta mínima (1.5 - 3mm), tomado con mortero de cemento (MC) y rejuntado con lechada de cemento (L), incluso cortes y limpieza, según Guía de la Baldosa Cerámica (Documento Reconocido por la Generalitat DRB 01/06).

8		8,00		
			8,00	5,86
				46,88

**TOTAL CAPÍTULO 12 REVESTIMIENTO DE SUELO..... 2.950,35**

### CAPÍTULO 13 REVESTIMIENTO PAREDES Y TECHO

m2

**Alic 30x30 MC jnt min L**

Alicatado con junta mínima (1.5 - 3mm) realizado con azulejo blanco de 30x30cm, colocado en capa gruesa con mortero de cemento y rejuntado con lechada de cemento (L), incluso cortes y limpieza, según NTE/RPA-3 y Guía de la Baldosa Cerámica (Documento Reconocido por la Generalitat DRB 01/06).

1	1,92	2,60	4,99	
			4,99	24,38
				121,66

m2

**Guarn-enl y YG/L s/maes vert**

Guarnecido sin maestrear, y enlucido, realizado con pasta de yeso YG/L sobre paramentos verticales, acabado manual con llana, incluso limpieza y humedecido del soporte, según NTE/RPG10.

1	8,40	2,55	21,42	
1	5,70	2,55	14,54	
1	5,70	0,93	2,65	D/2
1	8,40	3,22	27,05	
1	2,10	3,22	6,76	
1	2,10	0,22	0,23	D/2
1	4,65	3,44	16,00	
1	10,95	2,29	25,08	
1	10,95	1,15	6,30	D/2
particiones interiores	1	1,56	3,22	5,02

1	3,15	3,22	10,14
2	2,87	2,57	14,75
2	0,60	2,57	3,08
1	2,63	0,80	2,10
2	0,60	0,80	0,96

---

156,08      5,32      830,35

**m2**

**Pint plast acrl lis int vert bl**

Revestimiento a base de pintura plástica acrílica mate para la protección y decoración de superficies en interior y exterior, con resistencia a la luz solar, transpirable e impermeable, con acabado mate, en color blanco, sobre superficie vertical de ladrillo, yeso o mortero de cemento, previo lijado de pequeñas adherencias e imperfecciones, mano de fondo con pintura plástica diluida muy fina, plastecido de faltas y dos manos de acabado, según NTE/RPP-24.

1	8,40	2,55	21,42	
1	5,70	2,55	14,54	
1	5,70	0,93	2,65	D/2
1	8,40	3,22	27,05	
1	2,10	3,22	6,76	
1	2,10	0,22	0,23	D/2
1	4,65	3,44	16,00	
1	10,95	2,29	25,08	
1	10,95	1,15	6,30	D/2

particiones interiores

1	1,56	3,22	5,02
1	3,15	3,22	10,14
2	2,87	2,57	14,75
2	0,60	2,57	3,08
1	2,63	0,80	2,10
2	0,60	0,80	0,96

---

156,08      4,27      666,46

**m2**

**Pint plast acrl lis int hrz bl**

Revestimiento a base de pintura plástica acrílica mate para la protección y decoración de superficies en interior y exterior, con resistencia a la luz solar, transpirable e impermeable, con acabado mate, en color blanco, sobre superficie horizontal de ladrillo, yeso o mortero de cemento, previo lijado de pequeñas adherencias e imperfecciones, mano de fondo con pintura plástica diluida muy fina, plastecido de faltas y dos manos de acabado, según NTE/RPP-24.

cocina	1	39,93	39,93
dormitorios	1	11,68	11,68
vestidor	1	7,43	7,43
dormitorio 2	1	9,27	9,27
	1	4,92	4,92

---

73,23      4,77      349,31

**TOTAL CAPÍTULO 13 REVESTIMIENTO PAREDES Y TECHO ..... 1.967,78**

## CAPÍTULO 14 INSTALACIÓN FONTANERIA

<b>u</b>	<b>Acometida &lt;15m Ø32mm</b>			
	Acometida en conducciones generales de PVC, 200mm de diámetro, compuesta por collarín , machón doble, llave de esfera, manguito de rosca macho, quince metros de tubo de polietileno baja densidad de 32mm de diámetro y 10 atmósferas de presión y llave de entrada acometida individual, incluso arqueta de registro de 40x40cm de ladrillo perforado de 24x11,5x9cm, solera de 5cm de hormigón, para uso no estructural y con una resistencia característica de 15 N/mm <sup>2</sup> , con orificio sumidero, excavación de zanja y derechos y permisos para la conexión, sin reposición de pavimento, totalmente instalada, conectada y en perfecto estado de funcionamiento.	1	1,00	
				1,00    740,30    740,30
<b>u</b>	<b>Cont ag fr hel 50mm</b>			
	Contador de agua fría con marcado CE, tipo hélice, calibre 50mm, con dos puntos de rozamiento y lectura directa por segmentos rotatorios, pre-equipado para el emisor de impulsos, para montaje vertical u horizontal, conforme a las especificaciones dispuestas en la norma UNE-EN 14154 "Contadores de agua", totalmente instalado, comprobado y en correcto estado de funcionamiento.	1	1,00	
				1,00    565,01    565,01
<b>u</b>	<b>Ins bñ compl tb PP desg ø32mm</b>			
	Instalación de fontanería para un baño completo dotado de lavabo, inodoro, bidé y bañera, realizada con tuberías de polipropileno para las redes de agua fría y caliente y con tuberías de PVC de diámetro 32mm para la red de desagües, preparada para sifón individual en cada aparato, incluso con p.p. de bajante de PVC de 125mm y manguetón para enlace al inodoro, sin grifería, aparatos sanitarios ni ayudas de albañilería, las tomas de agua cerradas con llaves de escuadro o tapones (según proceda) y los desagües con tapones, totalmente acabada.	1	1,00	
				1,00    620,64    620,64
<b>u</b>	<b>Ins coc tb PP desg ø32mm</b>			
	Instalación de fontanería para una cocina , dotada con tomas para fregadero, lavadora, lavavajillas, realizada con tuberías de polipropileno para las redes de agua fría y caliente y con tuberías de PVC de diámetro 32mm para la red de desagües, preparada para sifón individual en cada aparato, incluso con p.p. de bajante de PVC de 110mm, sin grifería, aparatos electrodomésticos ni ayudas de albañilería, las tomas de agua cerradas con llaves de escuadro o tapones (según proceda) y los desagües con tapones, totalmente acabada.	1	1,00	
				1,00    574,03    574,03
<b>u</b>	<b>Ins lavd/lavj tb PP desg ø32mm</b>			
	Instalación de fontanería para una lavadora o un lavavajillas realizada con tubería de polipropileno de 16mm de diámetro para la red de agua fría y con tuberías de PVC de diámetro 32mm para la red de desagüe, preparada para sifón individual, sin aparato electrodoméstico, ni ayudas de albañilería, la toma de agua cerrada con llaves de escuadra y el desagüe con tapón, totalmente acabada.	2	2,00	
				2,00    76,98    153,96
<b>u</b>	<b>Grifo p/lavadora o lavavajillas</b>			
	Grifo para lavadora o lavavajillas, convencional, de pared, acabado cromado y enlaces de alimentación flexibles, totalmente instalado y comprobado.	2	2,00	
				2,00    40,22    80,44

<b>u</b>	<b>Inodoro tanq bj bl cld est asi+tap</b>			
	Instalación de Inodoro para tanque bajo, de porcelana vitrificada blanca, con asiento y tapa lacados y bisagras de acero inoxidable, calidad estándar, juego de fijación, codo y enchufe de unión, colocada y con ayudas de albañilería.	1	1,00	
			1,00	179,14
				179,14
<b>u</b>	<b>Lavabo 600x475mm encmr bl</b>			
	Lavabo de 600x475mm de encimera, sin pedestal, de porcelana vitrificada blanca, con juego de anclajes para fijación , incluso válvula desagüe de 1 1/2", sifón y tubo, colocado y con ayudas de albañilería.	1	1,00	
			1,00	114,48
				114,48
<b>u</b>	<b>Grif mez conve est rps</b>			
	Grifería mezcladora para lavabo, convencional, calidad estándar, de repisa, acabado cromado, caño central con aireador, desagüe automático y enlaces de alimentación flexibles, totalmente instalado, comprobado y en correcto funcionamiento.	1	1,00	
			1,00	82,19
				82,19
<b>u</b>	<b>Pl porc 100x70cm 8mm bl</b>			
	Plato de ducha de porcelana, de dimensiones 100x70cm y 8mm de espesor, en color blanco, con fondo antideslizante con marcado AENOR.	1	1,00	
			1,00	180,48
				180,48
<b>u</b>	<b>Columna de ducha</b>			
	Columna de ducha de acero inoxidable acabado brillante o mate compuesta por barra, mezclador termostático, inversor, rociador y ducha de teléfono flexible, totalmente instalada y comprobada.	1	1,00	
			1,00	1.014,31
				1.014,31
<b>u</b>	<b>Termo eléctrico 150 l</b>			
	Termo eléctrico para acumulación y producción de agua caliente sanitaria, en acero esmaltado con recubrimiento de espuma de poliuretano de alta densidad, 150 l de capacidad, 2200 W de potencia eléctrica, 220 V, 50 Hz, montaje en posición vertical y protegido contra la corrosión mediante ánodo de magnesio, con regulación automática, termostato y válvula de seguridad, grupo de conexión y alimentación con filtro incorporado, válvula de seguridad y manómetro con un diámetro de conexión de 3/4", válvula de corte (salida), latiguillos, fijaciones y soportes, totalmente instalado, conexionado y en correcto estado de funcionamiento, incluso pruebas.	1	1,00	
			1,00	401,11
				401,11
	<b>TOTAL CAPÍTULO 14 INSTALACIÓN FONTANERIA.....</b>			<b>4.706,09</b>

## CAPÍTULO 15 INSTALACIÓN ELECTRICA

u

### Piqueta PT $\phi$ 14mm lg=1.5m

Derivación de puesta a tierra instalada con conductor de cobre desnudo recocido de 25mm<sup>2</sup> de sección, empotrada, incluso parte proporcional de pequeño material y piezas especiales, ayudas de albañilería y conexión a la línea principal de puesta a tierra con los conductores de protección, incluido Piquetas de puesta de tierra necesarias formada por electrodo de acero recubierto de cobre de diámetro 14mm y longitud 1.5m, incluso hincado y conexiones.

1		1,00			
		1,00	333,12	333,12	

u

### Acometida electrica.

Trabajos de conexión a red de tensión existente.

1		1,00			
		1,00	150,00	150,00	

u

### Ins viv EE 2dorm c/calf+AA

Instalación eléctrica completa en vivienda de 2 dormitorios y 1 baño, con una electrificación elevada de 9200 W, compuesta por cuadro general de distribución con dispositivos de mando, maniobra y protección general mediante 1 PIA 2x40 A y 2 interruptores diferenciales 2x40A/30 mA para 7 circuitos (1 para iluminación, 1 para tomas generales y frigorífico, 1 para tomas de corriente en baños y auxiliares de cocina, 1 para lavadora, lavavajillas y termo, 1 para cocina y horno, 1 para tomas de calefacción y 1 para tomas de aire acondicionado); 1 timbre zumbador, 1 punto de luz con 2 encendidos conmutados y 1 base de 16 A en el vestíbulo; 2 puntos de luz con 4 encendidos conmutados, 5 bases de 16 A, 2 bases de 16 A para calefacción y 2 bases de 16 A para aire acondicionado en salón-comedor de hasta 30m<sup>2</sup>; 2 puntos de luz con 6 encendidos, 4 conmutados y 2 cruzamientos, 3 bases de 16 A, 1 base de 16 A para calefacción y 1 base de 16 A para aire acondicionado en dormitorio principal de hasta 18m<sup>2</sup>; 1 puntos de luz con 2 encendidos conmutados, 2 bases de 16 A, 1 base de 16 A para calefacción y 1 base de 16 A para aire acondicionado en dormitorio de hasta 12m<sup>2</sup>; 1 punto de luz con 1 encendido simple, 1 base de 16 A y 1 base de 16 A para calefacción en baño; 1 punto de luz con 2 encendidos conmutados, 1 base de 16 A y 1 base de 16 A para calefacción en el pasillo; 1 punto de luz con 2 encendidos conmutados, 1 base de 25 A para cocina/horno y 8 bases de 16 A para extractor; frigorífico, lavadora, lavavajillas, termo, auxiliares y 1 base de 16 A para calefacción en cocina de hasta 10m<sup>2</sup> y 1 punto de luz con 1 encendido simple en terraza; realizada con mecanismos de calidad media y con cable de cobre unipolar de diferentes secciones colocado bajo tubo flexible corrugado de doble capa de PVC de distintos diámetros, totalmente instalada, conectada y en correcto estado de funcionamiento, según NT-IEEV/89 y el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión 2002.

1		1,00			
		1,00	2.726,83	2.726,83	

<b>TOTAL CAPÍTULO 15 INSTALACIÓN ELECTRICA.....</b>		<b>3.209,95</b>
---	--	-----------------





**CAPÍTULO 19 SEGURIDAD Y SALUD**

u

**SEGURIDAD Y SALUD**

Medidas necesarias para la correcta ejecución de los trabajos con la suficiente seguridad y salud tanto individual como colectiva. (3% del presupuesto)

1	1,00		
		1,00	2.497,06
			2.497,06
<b>TOTAL CAPÍTULO 19 SEGURIDAD Y SALUD.....</b>			<b>2.497,06</b>
<b>TOTAL.....</b>			<b>87.397,30</b>

## 10.4 PRESUPUESTO DE SISTEMA CUT DE CONSTRUCCIÓN CON BALAS DE PAJA.

## PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN – CONSTRUCCIÓN CON BALAS DE PAJA SISTEMA C.U.T

### CAPÍTULO 01 MOVIMIENTO DE TIERRAS

<b>m2</b>	<b>Limpieza terreno mecánico</b>				
Desbroce y limpieza del terreno con medios mecánicos una capa de 10 cm de espesor.					
	1	17,25	17,25		297,56
					297,56
					0,96
					285,66
<b>m3</b>	<b>Excv zanja medios retro</b>				
Excavación para la formación de zanja, en terrenos medios, con retroexcavadora, incluso ayuda manual en las zonas de difícil acceso, limpieza y extracción de restos a los bordes y carga sobre transporte.					
zapatas	16	1,00	1,00	0,60	9,60
riostras	4	4,92	0,45	0,50	4,43
	2	1,48	0,45	0,50	0,67
	2	1,10	0,45	0,50	0,50
	2	1,35	0,45	0,50	0,61
	2	3,45	0,45	0,50	1,55
	11	3,20	0,45	0,50	7,92
					25,28
					9,63
					243,45
<b>TOTAL CAPÍTULO 01 MOVIMIENTO DE TIERRAS.....</b>					<b>529,11</b>

### CAPÍTULO 02 RED HORIZONTAL

<b>u</b>	<b>Conexion red saneamiento</b>				
Trabajos de conexión a red de saneamiento existente.					
	1				1,00
					1,00
					380,00
					380,00
<b>m</b>	<b>Baj eva PVC sr-B DN110mm 40%acc</b>				
Bajante para evacuación de aguas fecales de todo tipo según norma UNE-EN 1453, con tubo de PVC de diámetro 110mm, y espesor 3,20mm, unión por encolado, con comportamiento frente al fuego B-s3,d0 según normas RD 312/2005, con incremento del precio del tubo del 40% en concepto de uniones, accesorios y piezas especiales, incluso ayudas de albañilería.					
	3		0,50		1,50
					1,50
					19,56
					28,76
<b>m</b>	<b>Colec ente PVC 110mm peg</b>				
Colector enterrado realizado con un tubo liso de PVC para saneamiento, de diámetro 110mm, unión pegada y espesor según la norma UNE EN 1401-I, colocado en zanja de ancho 500+110mm, sobre lecho de arena / grava de espesor 100+110/100mm, sin incluir excavación, relleno de la zanja ni compactación final.					
	1	22,32			22,32
					22,32
					12,40
					276,77

u

**Arqueta de PP p 55x55cm tapa cie**

Arqueta de ladrillo, cuadrada, registrable, de medidas 55x55cm, con conexiones laterales adaptables a tubos de diámetro de 160 a 315mm, con tapa ciega y marco de PVC, totalmente instalada.

3			3,00	
---	--	--	------	--

3,00	156,18	468,54
------	--------	--------

**TOTAL CAPÍTULO 02 RED HORIZONTAL ..... 1.139,53**

**CAPÍTULO 03 CIMENTACIÓN**

m2

**H Limpieza 150/P/20 e=10 cm**

Capa de hormigón de limpieza HL-150/P/20, para formación de solera de asiento, con una dosificación mínima de cemento de 150 kg/m<sup>3</sup>, de consistencia plástica, tamaño máximo del árido 20 mm y 10 cm de espesor, en la base de la cimentación, transportado y puesto en obra, según EHE-08.

zapatas	16	1,00	1,00	16,00
riostras	4	4,92	0,45	8,86
	2	1,48	0,45	1,33
	2	1,10	0,45	0,99
	2	1,35	0,45	1,22
	2	3,45	0,45	3,11
	11	3,20	0,45	15,84

47,35	8,10	383,54
-------	------	--------

m3

**HA 25 znj-zap-rios blanda 20**

Hormigón HA 25/B/20/IIa preparado HA 25 en cimentaciones de zanjas, zapatas y riostras, de consistencia blanda y tamaño máximo del árido 20 mm, transportado y puesto en obra según EHE-08.

zapatas	16	1,00	1,00	0,50	8,00
riostras	4	4,92	0,45	0,40	3,54
	2	1,48	0,45	0,40	0,53
	2	1,10	0,45	0,40	0,40
	2	1,35	0,45	0,40	0,49
	2	3,45	0,45	0,40	1,24
	11	3,20	0,45	0,40	6,34

20,54	90,04	1.849,42
-------	-------	----------

m2

**Impz solera PVC 1.5mm**

Impermeabilización de solera, mediante membrana impermeabilizante no adherida, compuesta por lámina de policloruro de vinilo (PVC), de 1.5 mm de espesor, sin armadura, con los solapos soldados con aire caliente, incluso limpieza previa del soporte, mermas y solapos, según DB HS-1 del CTE.

1	17,25	17,25	297,56
---	-------	-------	--------

297,56	11,37	3.383,26
--------	-------	----------

m2

**Enca 15 cm grv clz c/transp**

Encachado de 15cm de espesor para base de solera, mediante relleno y extendido en tongadas de espesor no superior a 20cm de grava caliza; y posterior compactación mediante equipo mecánico con bandeja vibratoria, sobre la explanada homogénea y nivelada (no incluida en este precio).Incluso carga y transporte hasta 10Km. y descarga a pie de tajo de los áridos a utilizar en los trabajos de relleno y regado de los mismos.

1	17,25	17,25	297,56
---	-------	-------	--------

297,56	7,82	2.326,91
--------	------	----------

m2

**Solera HA-25/B/20/Ila 10cm**

Solera de 10cm de espesor, de hormigón armado HA-25/B/20/Ila fabricado en central; realizada sobre capa base existente (no incluida en este precio). Incluso curado y vibrado del hormigón con regla vibrante, formación de juntas de hormigonado y plancha de poliestireno expandido de 2cm de espesor para la ejecución de juntas de contorno, colocada alrededor de cualquier elemento que interrumpa la solera, como pilares y muros, terminación mediante reglado, según EHE-08.

1 17,25 17,25 297,56

297,56 17,49 5.204,32

**TOTAL CAPÍTULO 03 CIMENTACIÓN ..... 12.944,46**

**CAPÍTULO 04 ESTRUCTURA**

m3

**Pilar pin silv 18x18 prot supf**

Escuadría de madera laminada de sección constante, dimensiones de 18x18cm y longitud hasta 4 metros, clase resistente GL24h según UNE-EN 1194 y protección media frente los agentes bióticos. Apoyo realizado con capitel rectangular totalmente ejecutado.

2 0,18 0,18 1,99 0,13  
4 0,18 0,18 2,27 0,29  
4 0,18 0,18 2,90 0,38  
4 0,18 0,18 3,38 0,44

1,24 954,00 1.182,96

m3

**Vigas madera**

Escuadría de madera laminada de sección constante, dimensiones 30 x15cm y longitud hasta 5 metros, clase resistente GL24h según UNE-EN 1194 y protección media frente los agentes bióticos, con un incremento en la medición del 30% en concepto de trabajos a realizar en los encajes tradicionales y fijaciones mecánicas de la madera.

2 13,27 0,30 0,15 1,19  
2 10,77 0,30 0,15 0,97

2,16 954,00 2.060,64

m3

**correas**

Correa de madera de escuadría de madera laminada de sección constante, dimensiones según plano y longitud hasta 5 metros, clase resistente GL24h según UNE-EN 1194 y protección media frente los agentes bióticos. Incluso ayudas de albañilería en montaje y preparación de uniones, montaje de la pieza, medios de elevación carga y descarga, fijación con clavos de acero pucelado de carpintería de armar, mermas y cortes 10% y limpieza del lugar de trabajo.

38 4,00 0,15 0,20 4,56

4,56 954,00 4.350,24

m2

**Losa incl HA 25 cent rev peld 15**

Losa inclinada de escalera realizada con hormigón HA 25/B/20/Ila de 15cm de espesor con una cuantía media de 13 kg/m2 de acero B 500 S, para revestir, con formación de peldaños, encofrado, vibrado, curado y desencofrado, según EHE-08.

2 1,00 0,70 1,40

1,40 97,96 137,14

**TOTAL CAPÍTULO 04 ESTRUCTURA ..... 7.730,98**



## CAPÍTULO 05 CUBIERTA

m

### Can ch a galv cir medn 30%acc

Canalón relleno de grava y bajantes visto de chapa de acero galvanizado, de perfil circular, y desarrollo 280mm para evacuación de pluviales, con incremento del precio del tubo del 30% en concepto de uniones, accesorios y piezas especiales.

e chapa de acero galvanizado, de perfil circular, y desarrollo 280mm para evacuación de pluviales, con incremento del precio del tubo del 30% en concepto de uniones, accesorios y piezas especiales.

1	4,65		4,65
1	8,40		8,40
1	2,48		2,48
3		2,70	8,10

23,63 19,52 461,26

m2

### Cub inclinada ajardinada

Cubierta inclinada (pendiente 6%) ajardinada sobre estructura de cubierta aislada, lámina de butilo EPDM, lámina de polietileno de alta densidad con nódulos de 8 mm de altura, geotextil y tierra vegetal de 6 cm de espesor.

1	13,26	4,26	56,49
1	10,77	8,40	90,47

146,96 17,64 2.592,37

m2

### Tablero OSB

Tablero de virutas orientadas OSB-3 e=10mm, con fijación mecánica al entrevigado, y encintado de juntas entre tableros, totalmente montado y preparado para recibir la lámina impermeable de cubierta.

cocina	1	39,93	39,93
dormitorios	1	11,68	11,68
vestidor	1	7,43	7,43
dormitorio 2	1	9,27	9,27
	1	4,92	4,92

73,23 19,00 1.391,37

m2

### Tablero blando

Tablero blando de fibras de madera en cara interior, e=40mm, de conductividad térmica 0,040 W/m2K, con valor de resistencia de difusión con valor 5, totalmente montado y preparado para ser revocado.

cocina	1	39,93	39,93
dormitorios	1	11,68	11,68
vestidor	1	7,43	7,43
dormitorio 2	1	9,27	9,27
	1	4,92	4,92

73,23 18,00 1.318,14

m2

### Enf M-15 bruñ hrz ext

Enfoscado sin maestrear bruñido, con mortero de cemento M-15 en paramento horizontal exterior, según NTE-RPE-6.

caseta	1	4,16	4,42	18,39
--------	---	------	------	-------

18,39 9,82 180,59

m2

### Impz LBM-40-FP SBS adh c/prot

Impermeabilización de cubierta inclinada no transitable bajo teja u otro tipo de protección, mediante membrana monocapa adherida compuesta por lámina de betún modificado con elastómeros SBS tipo LBM-40-FP, de masa total 40 gr/dm2, de superficie no protegida, con armadura constituida por fieltro de poliéster no tejido FP.160 (160gr/m2), adherida al soporte mediante calor previa imprimación con 0.35 kg/m2 de emulsión bituminosa negra tipo EB, en faldones con pendientes <=15%, incluso limpieza previa del soporte, imprimación, mermas y solapos, según DB HS-1 del CTE y Documento: Impermeabilización en la edificación sobre y bajo rasante con láminas bituminosas modificadas de ANFI.

caseta	1	4,16	4,42	18,39			
					18,39	15,14	278,42
<b>m2</b>							
					<b>Cobertura teja mix c rj recib</b>		
Cobertura con teja plana mixta de cerámica roja, a razón de 12 piezas/m2, recibidas con mortero de cemento por su encaje superior , incluso limpieza, regado de la superficie, replanteo y colocación.							
caseta	1	4,16	4,42	18,39			
					18,39	16,66	306,38
<b>TOTAL CAPÍTULO 05 CUBIERTA.....</b>							<b>6.528,53</b>

## CAPÍTULO 06 FACHADA

<b>m2</b>							
					<b>Fab BT 30x19x14cm</b>		
Doble Fábrica para revestir, de 36 cm de espesor, construida bloques cerámicos de arcilla aligerada de 30x19x14cm, sentados con mortero de cemento M-5, con juntas de 1cm de espesor, aparejados, incluso replanteo, nivelación y aplomado, parte proporcional de enjarjes, mermas y roturas, humedecido de las piezas y limpieza, considerando un 3% de perdidas por roturas y un 30 % de mermas de mortero.							
Caseta.	1	4,65	0,60	2,79			
	1	2,48	0,60	1,49			
	1	8,40	0,60	5,04			
	1	5,70	0,60	3,42			
	1	8,40	0,60	5,04			
	1	2,10	0,60	1,26			
	1	4,65	0,60	2,79			
	1	10,95	0,60	6,57			
					28,40	45,30	1.286,52
<b>m2</b>							
					<b>fachada bala de paja</b>		
Cerramiento de fachada formado por balas de paja de 1000x450x360 mm, colocadas entre montantes de madera de pino de 200x50cm de sección, fijadas, cada 2 hiladas, por listones de 25x35cm clavadas a las montantes. Recubrimientos de 50mm de revoco de mortero de barro y cal.							
	1	4,65	1,69	7,86			
	1	2,48	1,69	4,19			
	1	2,48	0,29	0,36		D/2	
	1	8,40	1,95	16,38			
	1	5,70	1,95	11,12			
	1	5,70	0,93	2,65		D/2	
	1	8,40	2,62	22,01			
	1	2,10	2,62	5,50			
	1	2,10	0,22	0,23		D/2	
	1	4,65	2,84	13,21			
	1	10,95	1,69	18,51			
	1	10,95	1,15	6,30		D/2	
					108,32	67,32	7.292,10

m3

**Dintel de madera**

Dintel de madera aserrada de pino silvestre (*Pinus Sylvestris L.*), de 10x10 a 15x30 cm de sección y hasta 6 m de longitud, calidad estructural MEG, clase resistente C-18, protección de la madera con clase de penetración P2, trabajada en taller.

1	2,00	0,38	0,05	0,04
1	0,98	0,38	0,05	0,02
2	2,00	0,38	0,05	0,08
3	0,98	0,38	0,05	0,06
1	2,00	0,38	0,05	0,04
3	0,60	0,38	0,05	0,03

---

0,27      609,57      164,58

m

**Vier c c/gotn 24x14**

Vierteaguas realizado con piezas cerámicas con goterón, de 24x14cm, tomadas con mortero de cemento M-5, incluso rejuntado con lechada de cemento coloreada, eliminación de restos y limpieza.

1	2,00		2,00
1	0,98		0,98
2	2,00		4,00
3	0,98		2,94
1	2,00		2,00
3	0,60		1,80

---

13,72      16,63      228,16

m2

**Fab LP 24x11.5x7 e 11.5cm**

Fábrica para revestir, de 11.5cm de espesor, realizada con ladrillos cerámicos perforados de 24x11.5x7cm, aparejados a soga y recibidos con mortero de cemento M-5, con juntas de 1cm de espesor, incluso replanteo, nivelación y aplomado, parte proporcional de enjarjes, mermas y roturas, humedecido de las piezas y limpieza, considerando un 3% de pérdidas y un 20% de mermas de mortero, según DB SE-F del CTE y NTE-FFL.

caseta	1	4,42	4,80	21,22
	2	1,50	4,00	12,00
	2	1,50	0,80	1,20
	1	4,42	4,40	19,45

---

53,87      25,39      1.367,76

m2

**Enfoscado impermeabilizante**

Enfoscado sin maestrear y revoco fratasado, realizado con mortero de cemento M-15, con impermeabilizante hidrófugo, incluso lechada de cemento, indicado para la impermeabilización de depósitos de agua, piscinas, canales, etc, en interior de sótanos y exterior de muros enterrados.

caseta	1	4,42	4,80	21,22
	2	1,50	4,00	12,00
	2	1,50	0,80	1,20
	1	4,42	4,40	19,45

---

53,87      21,43      1.154,43

m2

**Rev monocapa proy med vert mec**

Revestimiento continuo con mortero monocapa acabado con árido proyectado de granulometría media comprendida entre 5 y 9 mm en paramentos verticales, color a determinar, realizado mediante la aplicación mecánica de una capa de 15 mm de espesor medio y posterior proyección del árido, incluso preparación previa del soporte con limpieza, regulación y planeado y formación de aristas, considerando la planificación y colocación de juntas de trabajo con junquillos de PVC y parte proporcional de colocación de malla de fibra de vidrio en encuentros de materiales distintos, según NTE-RPR-9.

caseta	1	4,42	4,80	21,22
--------	---	------	------	-------

2	1,50	4,00	12,00		
2	1,50	0,80	1,20	d/2	
1	4,42	4,40	19,45		
				53,87	17,28
					930,87

**TOTAL CAPÍTULO 06 FACHADA ..... 12.424,42**

### CAPÍTULO 07 ALBAÑILERIA

m2

**Fab LH 24x11.5x7 e 7cm**

Fábrica para revestir, de 7cm de espesor, realizada con ladrillos cerámicos huecos de 24x11.5x7cm, aparejados de canto y recibidos con mortero de cemento M-5, con juntas de 1cm de espesor, incluso replanteo, nivelación y aplomado, parte proporcional de enjarjes, mermas y roturas, humedecido de las piezas y limpieza, considerando un 3% de pérdidas y un 30% de mermas de mortero, según DB SE-F del CTE y NTE-FFL.

particiones interiores	1	1,56	3,22	5,02	
	1	3,15	3,22	10,14	
	2	2,87	2,57	14,75	
	2	0,60	2,57	3,08	
	1	2,63	0,80	2,10	
	2	0,60	0,80	0,96	
				36,05	14,83
					534,62

**TOTAL CAPÍTULO 07 ALBAÑILERIA ..... 534,62**

### CAPÍTULO 20 AISLAMIENTOS

m3

**Ais celu 0.04 e180mm**

Aislamiento térmico a base de celulosa de conductividad térmica 0,040 W/m2K.

cocina	1	39,93		39,93	
dormitorios	1	11,68		11,68	
vestidor	1	7,43		7,43	
dormitorio 2	1	9,27		9,27	
	1	4,92		4,92	
				73,23	18,00
					1.318,14

**TOTAL CAPÍTULO 20 AISLAMIENTOS ..... 1.318,14**

### CAPÍTULO 09 CARPINTERIA EXTERIOR

u

**Prta ent ch sapely lisa**

Carpintería exterior en madera de pino melis para barnizar, para puerta practicable de una hoja de 90x200 cm.

	1		1,00		
				1,00	396,01
					396,01

<b>u</b>	<b>Ventana 2hj ab pin silv 200x120</b>				
	Carpintería exterior en madera de pino melis para barnizar, para ventana practicable de dos hojas de 200x120 cm, con persiana de madera de roble para barnizar con cinta y recogedor.				
	1		1,00		
				1,00	883,31
					883,31
<b>u</b>	<b>Ventana 2hj ab pin silv 200x200</b>				
	Carpintería exterior en madera de pino melis para barnizar, para ventana practicable de dos hojas de 200x200 cm, con persiana de madera de roble para barnizar con cinta y recogedor.				
	2		2,00		
				2,00	1.020,60
					2.041,20
<b>u</b>	<b>Vent 1 hj ab pin silv 100x150</b>				
	Carpintería exterior en madera de pino melis para barnizar, para ventana practicable de una hoja de 100x150 cm, con persiana de madera de roble para barnizar con cinta y recogedor.				
	6		6,00		
				6,00	683,84
					4.103,04
	<b>TOTAL CAPÍTULO 09 CARPINTERIA EXTERIOR .....</b>				<b>7.423,56</b>

## CAPÍTULO 10 CARPINTERIA INTERIOR

<b>u</b>	<b>Prta ab MDF lacada 1 hj-82.5</b>				
	Puerta de paso abatible de MDF lacada, de 1 hoja ciega lisa de 203x82.5x3.5cm, con precerco de pino de 80x35mm, cerco de 80x30mm, tapajuntas de 70x12mm, pernios latonados de 80mm y cerradura con pomo, incluso recibido y aplomado del cerco, ajustado de la hoja, fijación de los herrajes, nivelado, pequeño material y ajuste final, según NTE/PPM-8.				
	1		1,00		
				1,00	291,71
					291,71
<b>m2</b>	<b>Mod lis 2420x496-1hj fib pint</b>				
	Módulo completo de armario formada por fibras para pintar de superficie lisa y de dimensiones 2420x496mm, formado por una hoja abatible de altura 2330mm, anchura 480mm y grosor 19mm, e interior de melamina con baldas y barra de colgar, incluido tapajuntas a una cara en aglomerado rechapado en madera, bisagras, tirador por hoja y juego de tornillos y barnizado de la madera, colocación, nivelación y ajuste final.				
	2	2,77	2,30	12,74	
				12,74	144,55
					1.841,57
	<b>TOTAL CAPÍTULO 10 CARPINTERIA INTERIOR.....</b>				<b>2.133,28</b>

## CAPÍTULO 11 REVESTIMIENTO DE SUELO

m2

### Gres 35x35 MC jnt min L

Pavimento cerámico porcelánico con junta mínima (1.5 - 3mm) realizado con baldosa de gres esmaltado blanco de 35x35cm, colocado en capa gruesa con mortero de cemento y rejuntado con lechada de cemento (L), incluso cortes y limpieza.

cocina	1	39,93	39,93		
dormitorios	1	11,68	11,68		
vestidor	1	7,43	7,43		
dormitorio 2	1	9,27	9,27		
				68,31	26,99
					1.843,69

m2

### Gres 35x35 MC cuartos de baños

Pavimento porcelánico cerámico con junta (>3mm) realizado con baldosa de gres esmaltado blanco de 35x35cm, colocado en capa gruesa con mortero de cemento y rejuntado con undefined, incluso cortes y limpieza.

	4	4,92	19,68		
				19,68	26,85
					528,41

m

### Rod gres 8x30 MC L

Rodapié de gres esmaltado blanco con junta mínima (1.5 - 3mm) de 8x30cm, colocado en capa gruesa con mortero de cemento y rejuntado con lechada de cemento (L), incluso cortes y limpieza, según Guía de la Baldosa Cerámica (Documento Reconocido por la Generalitat DRB 01/06).

	1	58,47	58,47		
				58,47	7,67
					448,46

m

### Peld gres rust c/tab MC L

Peldaño realizado con baldosa de gres rústico con junta mínima (1.5 - 3mm), tomado con mortero de cemento (MC) y rejuntado con lechada de cemento (L), incluso cortes y limpieza, según Guía de la Baldosa Cerámica (Documento Reconocido por la Generalitat DRB 01/06).

	4	1,00	4,00		
				4,00	35,27
					141,08

u

### Zquin gres esm MC L

Zanquín realizado con gres esmaltado con junta mínima (1.5 - 3mm), tomado con mortero de cemento (MC) y rejuntado con lechada de cemento (L), incluso cortes y limpieza, según Guía de la Baldosa Cerámica (Documento Reconocido por la Generalitat DRB 01/06).

	8		8,00		
				8,00	5,98
					47,84

**TOTAL CAPÍTULO 11 REVESTIMIENTO DE SUELO..... 3.009,48**



## CAPÍTULO 12 REVESTIMIENTO PAREDES Y TECHO

m2

### Alic 30x30 MC jnt min L

Alicatado con junta mínima (1.5 - 3mm) realizado con azulejo blanco de 30x30cm, colocado en capa gruesa con mortero de cemento y rejuntado con lechada de cemento (L), incluso cortes y limpieza, según NTE/RPA-3 y Guía de la Baldosa Cerámica (Documento Reconocido por la Generalitat DRB 01/06).

1	1,92	2,60	4,99		
				4,99	24,87
					124,10

m2

### Guarn-enl y YG/L s/maes vert

Guarnecido sin maestrear, y enlucido, realizado con pasta de yeso YG/L sobre paramentos verticales, acabado manual con llana, incluso limpieza y humedecido del soporte, según NTE/RPG10.

	1	8,40	2,55	21,42	
	1	5,70	2,55	14,54	
	1	5,70	0,93	2,65	D/2
	1	8,40	3,22	27,05	
	1	2,10	3,22	6,76	
	1	2,10	0,22	0,23	D/2
	1	4,65	3,44	16,00	
	1	10,95	2,29	25,08	
	1	10,95	1,15	6,30	D/2
particiones interiores	1	1,56	3,22	5,02	
	1	3,15	3,22	10,14	
	2	2,87	2,57	14,75	
	2	0,60	2,57	3,08	
	1	2,63	0,80	2,10	
	2	0,60	0,80	0,96	
				156,08	5,43
					847,51

m2

### Revc de arcilla

Revoco de arcilla formado por arena, y paja de un espesor de 4 cm

particiones interiores	1	1,56	3,22	5,02	
	1	3,15	3,22	10,14	
	2	2,87	2,57	14,75	
	2	0,60	2,57	3,08	
	1	2,63	0,80	2,10	
	2	0,60	0,80	0,96	
				36,05	10,12
					364,83

m2

### Pint prmto ext silct mt bl

Revestimiento de paramentos interiores con pintura a base de silicato potásico, resistente a la intemperie, con buena opacidad de recubrimiento, , revocos minerales, etc, con textura tipo liso y acabado mate, en color blanco, de aplicación sobre fondo mineral en paramentos verticales, totalmente terminado, medido deduciendo huecos superiores a 3m<sup>2</sup>.

	1	8,40	2,55	21,42	
	1	5,70	2,55	14,54	
	1	5,70	0,93	2,65	D/2
	1	8,40	3,22	27,05	
	1	2,10	3,22	6,76	
	1	2,10	0,22	0,23	D/2
	1	4,65	3,44	16,00	



<b>u</b>	<b>Ins lavd/lavj tb PP desg ø32mm</b>			
	Instalación de fontanería para una lavadora o un lavavajillas realizada con tubería de polipropileno de 16mm de diámetro para la red de agua fría y con tuberías de PVC de diámetro 32mm para la red de desagüe, preparada para sifón individual, sin aparato electrodoméstico, ni ayudas de albañilería, la toma de agua cerrada con llaves de escuadra y el desagüe con tapón, totalmente acabada.			
	2	2,00		
			2,00	78,26
				156,52
<b>u</b>	<b>Grifo p/lavadora o lavavajillas</b>			
	Grifo para lavadora o lavavajillas, convencional, de pared, acabado cromado y enlaces de alimentación flexibles, totalmente instalado y comprobado.			
	2	2,00		
			2,00	40,22
				80,44
<b>u</b>	<b>Inodoro tanq bj bl cld est asi+tap</b>			
	Instalación de Inodoro para tanque bajo, de porcelana vitrificada blanca, con asiento y tapa lacados y bisagras de acero inoxidable, calidad estándar, juego de fijación, codo y enchufe de unión, colocada y con ayudas de albañilería.			
	1	1,00		
			1,00	182,72
				182,72
<b>u</b>	<b>Lavabo 600x475mm encmr bl</b>			
	Lavabo de 600x475mm de encimera, sin pedestal, de porcelana vitrificada blanca, con juego de anclajes para fijación , incluso válvula desagüe de 1 1/2", sifón y tubo, colocado y con ayudas de albañilería.			
	1	1,00		
			1,00	116,77
				116,77
<b>u</b>	<b>Grif mez conve est rps</b>			
	Grifería mezcladora para lavabo, convencional, calidad estándar, de repisa, acabado cromado, caño central con aireador, desagüe automático y enlaces de alimentación flexibles, totalmente instalado, comprobado y en correcto funcionamiento.			
	1	1,00		
			1,00	83,83
				83,83
<b>u</b>	<b>Pl porc 100x70cm 8mm bl</b>			
	Plato de ducha de porcelana, de dimensiones 100x70cm y 8mm de espesor, en color blanco, con fondo antideslizante con marcado AENOR.			
	1	1,00		
			1,00	184,09
				184,09
<b>u</b>	<b>Columna de ducha</b>			
	Columna de ducha de acero inoxidable acabado brillante o mate compuesta por barra, mezclador termostático, inversor, rociador y ducha de teléfono flexible, totalmente instalada y comprobada.			
	1	1,00		
			1,00	1.014,31
				1.014,31

u

**Termo eléctrico 150 l**

Termo eléctrico para acumulación y producción de agua caliente sanitaria, en acero esmaltado con recubrimiento de espuma de poliuretano de alta densidad, 150 l de capacidad, 2200 W de potencia eléctrica, 220 V, 50 Hz, montaje en posición vertical y protegido contra la corrosión mediante ánodo de magnesio, con regulación automática, termostato y válvula de seguridad, grupo de conexión y alimentación con filtro incorporado, válvula de seguridad y manómetro con un diámetro de conexión de 3/4", válvula de corte (salida), latiguillos, fijaciones y soportes, totalmente instalado, conexionado y en correcto estado de funcionamiento, incluso pruebas.

1 1,00

1,00 409,13 409,13

**TOTAL CAPÍTULO 13 INSTALACIÓN FONTANERIA..... 4.706,09**

**CAPÍTULO 14 INSTALACIÓN ELECTRICA**

u

**Piqueta PT ø14mm lg=1.5m**

Derivación de puesta a tierra instalada con conductor de cobre desnudo recocido de 25mm2 de sección, empotrada, incluso parte proporcional de pequeño material y piezas especiales, ayudas de albañilería y conexión a la línea principal de puesta a tierra con los conductores de protección, incluido Piquetas de puesta de tierra necesarias formada por electrodo de acero recubierto de cobre de diámetro 14mm y longitud 1.5m, incluso hincado y conexiones.

1 1,00

1,00 339,78 339,78

u

**Acometida electrica.**

Trabajos de conexión a red de tensión existente.

1 1,00

1,00 150,00 150,00

u

**Ins viv EE 2dorm c/calf+AA**

Instalación eléctrica completa en vivienda de 2 dormitorios y 1 baño, con una electrificación elevada de 9200 W, compuesta por cuadro general de distribución con dispositivos de mando, maniobra y protección general mediante 1 PIA 2x40 A y 2 interruptores diferenciales 2x40A/30 mA para 7 circuitos (1 para iluminación, 1 para tomas generales y frigorífico, 1 para tomas de corriente en baños y auxiliares de cocina, 1 para lavadora, lavavajillas y termo, 1 para cocina y horno, 1 para tomas de calefacción y 1 para tomas de aire acondicionado); 1 timbre zumbador, 1 punto de luz con 2 encendidos conmutados y 1 base de 16 A en el vestíbulo; 2 puntos de luz con 4 encendidos conmutados, 5 bases de 16 A, 2 bases de 16 A para calefacción y 2 bases de 16 A para aire acondicionado en salón-comedor de hasta 30m2; 2 puntos de luz con 6 encendidos, 4 conmutados y 2 cruzamientos, 3 bases de 16 A, 1 base de 16 A para calefacción y 1 base de 16 A para aire acondicionado en dormitorio principal de hasta 18m2; 1 puntos de luz con 2 encendidos conmutados, 2 bases de 16 A, 1 base de 16 A para calefacción y 1 base de 16 A para aire acondicionado en dormitorio de hasta 12m2; 1 punto de luz con 1 encendido simple, 1 base de 16 A y 1 base de 16 A para calefacción en baño; 1 punto de luz con 2 encendidos conmutados, 1 base de 16 A y 1 base de 16 A para calefacción en el pasillo; 1 punto de luz con 2 encendidos conmutados, 1 base de 25 A para cocina/horno y 8 bases de 16 A para extractor; frigorífico, lavadora, lavavajillas, termo, auxiliares y 1 base de 16 A para calefacción en cocina de hasta 10m2 y 1 punto de luz con 1 encendido simple en terraza; realizada con mecanismos de calidad media y con cable de cobre unipolar de diferentes secciones colocado bajo tubo flexible corrugado de doble capa de PVC de distintos diámetros, totalmente instalada, conectada y en correcto estado de funcionamiento, según NT-IEEV/89 y el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión 2002.

1 1,00

1,00 2.782,23 2.782,23

**TOTAL CAPÍTULO 14 INSTALACIÓN ELECTRICA..... 3.209,95**

## CAPÍTULO 15 INSTALACIÓN CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN

<b>u</b>	<b>Rad el analog 750W 600x610X100</b>			
	Radiador eléctrico analógico de aluminio inyectado con marcado CE utilizando fluido térmico de altas prestaciones, de dimensiones 600x610X100mm (alto x ancho x profundo), 750 W de potencia y compuesto de 6 elementos, control individual y panel de control analógico con selector de 4 posiciones: paro, antihielo, económico y confort, conforme a las especificaciones dispuestas en la norma UNE-EN 442, totalmente instalado, comprobado y en correcto funcionamiento.			
	5	5,00		
			5,00	1.516,10
<b>ud</b>	<b>Ins sol fotov viv uf 1650 W</b>			
	Sistema solar térmico para producción de A.C.S. de circulación forzada compuesto por 4 m2 de colector solar plano con estructura soporte para su instalación sobre cubierta, acumulador en acero inoxidable de 150L, grupo circulación y seguridad, sistema de regulación, tuberías de cobre con aislamiento reglamentario, incluso pequeño material, completamente montado, probado y funcionando.			
	1	1,00		
			1,00	2.740,00
				2.740,00
	<b>TOTAL CAPÍTULO 15 INSTALACIÓN CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN .....</b>			<b>4.226,35</b>

## CAPÍTULO 16 VARIOS

<b>u</b>	<b>Mobi coc tp DM</b>			
	Mobiliario de cocina, con cuerpo en tablero melamínico color blanco de 16mm de espesor, compuesto por mueble bajo para empotrar horno, base de fregadero de 120cm con dos puertas, armario de 30cm con balda interior graduable y cajón superior independiente, armario de 100cm y dos armarios de 70cm con balda interior graduable, tres cajoneras de 30cm y una de 60cm, dos armarios 30cm, dos armarios de 60cm y 4 armarios de 70cm colgantes y balda interior graduable, armario colgante escurreplatos de 100cm, mueble cubre campana de 60cm, acabado en DM lacado, vitrificado y pulido con cierres a base de bisagras de resorte en puertas, con guías de rodamientos metálicos en cajones y tiradores en puertas y cajones, zócalo y cornisa en tacón a juego con el acabado, placa encimera mixta de acero inoxidable esmaltada, con dos fuegos y 2 placas eléctricas sin mandos incorporados, horno eléctrico, fregadero de gres blanco de 110x50, de dos senos, frigorífico, bancada de 30 cm. de espesor en DM forrado a una cara.			
	1	1,00		
			1,00	3.625,47
				3.625,47
	<b>TOTAL CAPÍTULO 16 VARIOS.....</b>			<b>3.625,47</b>

## CAPÍTULO 17 GESTIÓN DE RESIDUOS

<b>u</b>	<b>GESTIÓN DE RESIDUOS</b>			
	Gestión de residuos generados en el transcurso de la realización de las obras con contenedores de 5 m3 (2% del presupuesto).			
	1	1,00		
			1,00	1.482,69
				1.482,69
	<b>TOTAL CAPÍTULO 17 GESTIÓN DE RESIDUOS.....</b>			<b>1.482,69</b>

**CAPÍTULO 18 SEGURIDAD Y SALUD**

**u** **SEGURIDAD Y SALUD**  
Medidas necesarias para la correcta ejecución de los trabajos con la suficiente seguridad y salud tanto individual como colectiva (3% del presupuesto).

1	1,00		
		1,00	2.224,04
			2.224,04
<b>TOTAL CAPÍTULO 18 SEGURIDAD Y SALUD.....</b>			<b>2.224,04</b>
<b>TOTAL.....</b>			<b>78.523,09</b>



## 10.5 CERTIFICADO ENERGÉTICO DE SISTEMA CONVENCIONAL DE ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO.

# Calificación Energética

---



**IDAE** Instituto para la  
Diversificación y  
Ahorro de la Energía




DIRECCIÓN GENERAL  
DE ARQUITECTURA  
Y POLÍTICA DE VIVIENDA

**Proyecto: Vivienda unifamiliar - supuesto  
construcción convencional.**


**Fecha: 12/06/2014**

---

 <b>Calificación Energética</b>	<b>Proyecto</b> Vivienda unifamiliar - Supuesto construcción convencional	
	<b>Localidad</b> chiva	<b>Comunidad</b> valencia

## 1. DATOS GENERALES

<b>Nombre del Proyecto</b> Vivienda unifamiliar - Supuesto construcción convencional	
<b>Localidad</b> chiva	<b>Comunidad Autónoma</b> valencia
<b>Dirección del Proyecto</b> poligono 49	
<b>Autor del Proyecto</b> Irene Romans	
<b>Autor de la Calificación</b> upv	
<b>E-mail de contacto</b> irt6990@gmail.com	<b>Teléfono de contacto</b> 629806889
<b>Tipo de edificio</b> Vivienda unifamiliar	

 <b>Calificación Energética</b>	Proyecto Vivienda unifamiliar - Supuesto construcción convencional	
	Localidad chiva	Comunidad valencia

## 2. DESCRIPCIÓN GEOMÉTRICA Y CONSTRUCTIVA


### 2.1. Espacios

Nombre	Planta	Uso	Clase higrometria	Área (m <sup>2</sup> )	Altura (m)
P01_E01	P01	Nivel de estanqueidad 3	3	78,08	0,40
P02_E01	P02	Residencial	3	73,11	2,70
P02_E02	P02	Residencial	3	4,94	2,70

### 2.2. Cerramientos opacos

#### 2.2.1 Materiales


Nombre	K (W/mK)	e (kg/m <sup>3</sup> )	Cp (J/kgK)	R (m <sup>2</sup> K/W)	Z (m <sup>2</sup> sPa/kg)
Teja de arcilla cocida	1,000	2000,00	800,00	-	30
Mortero de cemento o cal para albañilería y	0,550	1125,00	1000,00	-	10
Etileno propileno dieno monómero [EPDM]	0,250	1150,00	1000,00	-	6000
Mortero de áridos ligeros [vermiculita perlita]	0,410	1000,00	1000,00	-	10
FU Entrevigado cerámico -Canto 250 mm	0,893	1220,00	1000,00	-	10
MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,040	40,00	1000,00	-	1
Plaqueta o baldosa cerámica	1,000	2000,00	800,00	-	30
Mortero de cemento o cal para albañilería y	1,000	1700,00	1000,00	-	10
Tabicón de LH triple [100 mm < E < 110 mm]	0,456	920,00	1000,00	-	10
EPS Poliestireno Expandido [ 0.037 W/[mK]]	0,037	30,00	1000,00	-	20
Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]	0,469	930,00	1000,00	-	10
Plaqueta o baldosa de gres	2,300	2500,00	1000,00	-	30

 <b>Calificación Energética</b>	<b>Proyecto</b> Vivienda unifamiliar - Supuesto construcción convencional	
	<b>Localidad</b> chiva	<b>Comunidad</b> valencia

## 2.2.2 Composición de Cerramientos

Nombre	U (W/m²K)	Material	Espesor (m)
Cubierta	0,45	Teja de arcilla cocida	0,020
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020
		Etileno propileno dieno monómero [EPDM]	0,020
		Mortero de áridos ligeros [vermiculita perlita]	0,020
		FU Entrevigado cerámico -Canto 250 mm	0,250
		MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,060
		Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,020
Forjado sanitario	0,82	Plaqueta o baldosa cerámica	0,020
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020
		Mortero de áridos ligeros [vermiculita perlita]	0,020
		FU Entrevigado de EPS mecanizado enrasado -	0,250
Cerramiento exterior	0,44	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020
		Tabicón de LH triple [100 mm < E < 110 mm]	0,105
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020
		EPS Poliestireno Expandido [ 0.037 W/[mK]]	0,060
		Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]	0,075
		Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020
particion interior	2,68	Plaqueta o baldosa de gres	0,020
		Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]	0,075
		Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020

## 2.3. Cerramientos semitransparentes

 <b>Calificación Energética</b>	<b>Proyecto</b> Vivienda unifamiliar - Supuesto construcción convencional	
	<b>Localidad</b> chiva	<b>Comunidad</b> valencia

### 2.3.1 Vidrios

Nombre	U (W/m²K)	Factor solar
VER_DB3_4-12-6	1,60	0,70
HOR_DB3_4-12-6	2,20	0,70

### 2.3.2 Marcos


Nombre	U (W/m²K)
VER_Madera de densidad media baja	2,00
HOR_PVC dos cámaras	2,40

### 2.3.3 Huecos


<b>Nombre</b>	puerta de acceso
<b>Acrilamiento</b>	VER_DB3_4-12-6
<b>Marco</b>	VER_Madera de densidad media baja
<b>% Hueco</b>	99,00
<b>Permeabilidad m³/hm² a 100Pa</b>	60,00
<b>U (W/m²K)</b>	2,00
<b>Factor solar</b>	0,06

<b>Nombre</b>	ventanas
<b>Acrilamiento</b>	HOR_DB3_4-12-6
<b>Marco</b>	HOR_PVC dos cámaras
<b>% Hueco</b>	10,00



 Calificación Energética	Proyecto	
	Vivienda unifamiliar - Supuesto construcción convencional	
	Localidad	Comunidad
	chiva	valencia

<b>Permeabilidad m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> a 100Pa</b>	50,00
<b>U (W/m<sup>2</sup>K)</b>	2,22
<b>Factor solar</b>	0,64


 <b>Calificación Energética</b>	<b>Proyecto</b> Vivienda unifamiliar - Supuesto construcción convencional	
	<b>Localidad</b> chiva	<b>Comunidad</b> valencia

### 3. Sistemas

<b>Nombre</b>	sistema captacion ACS
<b>Tipo</b>	agua caliente sanitaria
<b>Nombre Equipo</b>	EQ_Caldera-ACS-Electrica-Defecto
<b>Tipo Equipo</b>	Caldera eléctrica o de combustible
<b>Nombre demanda ACS</b>	ACS
<b>Nombre equipo acumulador</b>	ninguno
<b>Porcentaje abastecido con energia solar</b>	40,00
<b>Temperatura impulsión (°C)</b>	60,0
<b>Multiplicador</b>	1

### 4. Equipos

<b>Nombre</b>	EQ_Caldera-ACS-Electrica-Defecto
<b>Tipo</b>	Caldera eléctrica o de combustible
<b>Capacidad nominal (kW)</b>	10,00
<b>Rendimiento nominal</b>	0,90
<b>Capacidad en función de la temperatura de impulsión</b>	cap_T-EQ_Caldera-unidad
<b>Rendimiento nominal en función de la temperatura de impulsión</b>	ren_T-EQ_Caldera-unidad
<b>Rendimiento en función de la carga parcial en términos de potencia</b>	ren_FCP_Potencia-EQ_Caldera-unidad
<b>Rendimiento en función de la carga</b>	ren_FCP_Tiempo-EQ_Caldera-ACS-Electrica-Defecto

 Calificación Energética	Proyecto Vivienda unifamiliar - Supuesto construcción convencional	
	Localidad chiva	Comunidad valencia

parcial en términos de tiempo	
Tipo energía	Electricidad


## 5. Justificación

---

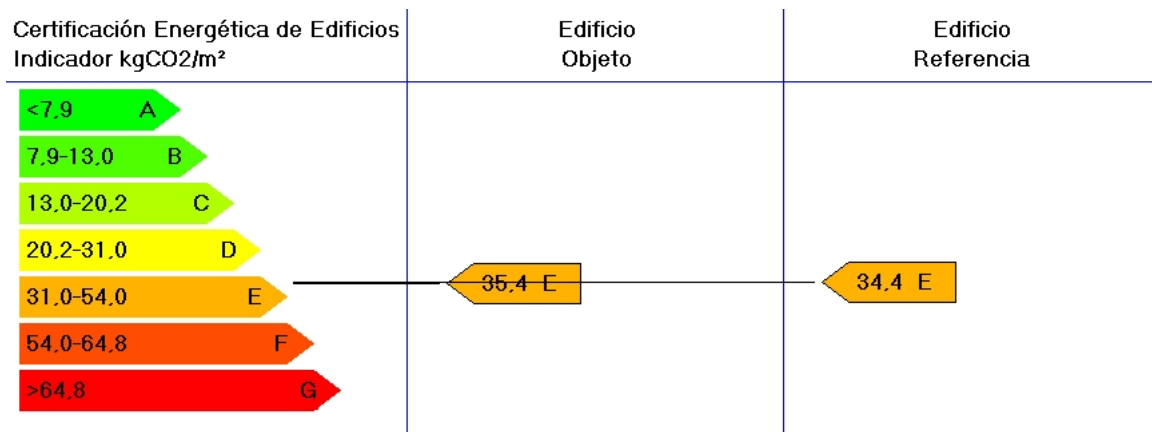
### 5.1. Contribución solar

---

Nombre	Contribución Solar	Contribución Solar Mínima HE-4
sistema captacion ACS	40,0	30,0

 <b>Calificación Energética</b>	<b>Proyecto</b> Vivienda unifamiliar - Supuesto construcción convencional	
	<b>Localidad</b> chiva	<b>Comunidad</b> valencia

## 6. Resultados

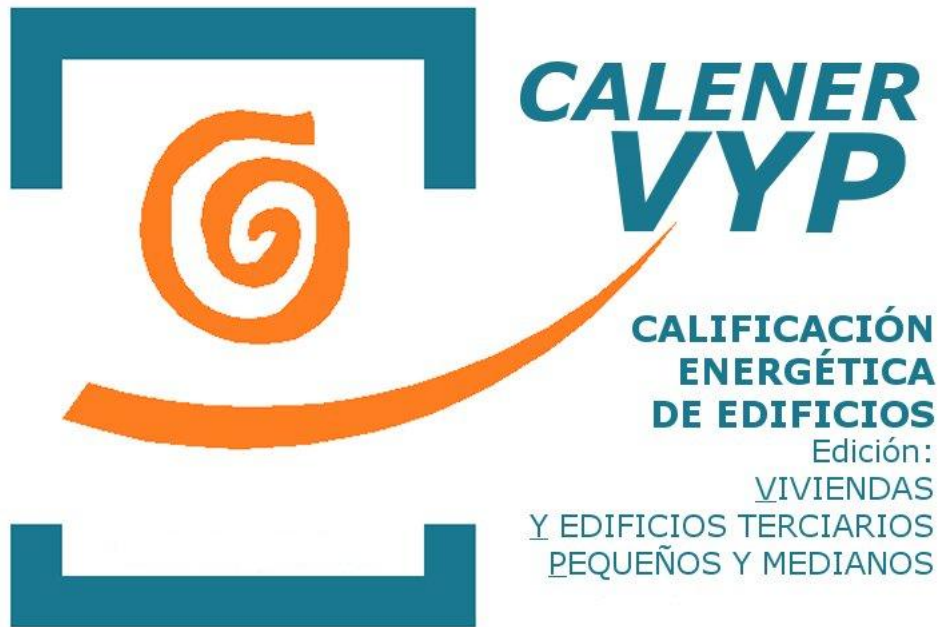


	Clase	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año	Clase	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Demanda calefacción	D	56,4	4401,8	E	78,4	6119,6
Demanda refrigeración	D	16,3	1275,5	D	12,1	942,3
	Clase	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año	Clase	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año
Emisiones CO <sub>2</sub> calefacción	E	21,6	1686,0	E	25,1	1959,2
Emisiones CO <sub>2</sub> refrigeración	F	6,2	483,9	E	4,6	359,1
Emisiones CO <sub>2</sub> ACS	F	7,6	593,2	D	4,7	366,4
Emisiones CO <sub>2</sub> totales	E	35,4	2763,1	E	34,4	2684,7
	Clase	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año	Clase	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Consumo energía primaria calefacción	D	81,3	6344,5	E	113,7	8873,4
Consumo energía primaria refrigeración	F	25,0	1953,0	E	18,8	1470,0
Consumo energía primaria ACS	G	30,6	2390,2	D	19,4	1514,0
Consumo energía primaria totales	E	136,9	10687,6	E	151,9	11857,3

## 10.6 CERTIFICADO ENERGÉTICO DE SISTEMA CUT DE CONSTRUCCIÓN CON BALAS DE PAJA.

# Calificación Energética

---



**IDAE** Instituto para la  
Diversificación y  
Ahorro de la Energía




DIRECCIÓN GENERAL  
DE ARQUITECTURA  
Y POLÍTICA DE VIVIENDA

**Proyecto: Vivienda unifamiliar - supuesto de  
construcción con balas de paja**

**Fecha: 13/06/2014**


---



 <b>Calificación Energética</b>	<b>Proyecto</b> Vivienda unifamiliar - supuesto de construcción con balas de paja.	
	<b>Localidad</b> chiva	<b>Comunidad</b> valencia

## 1. DATOS GENERALES

<b>Nombre del Proyecto</b> Vivienda unifamiliar - supuesto de construcción con balas de paja.	
<b>Localidad</b> chiva	<b>Comunidad Autónoma</b> valencia
<b>Dirección del Proyecto</b> poligono industrial chiva parcela 49	
<b>Autor del Proyecto</b> Irene Romans	
<b>Autor de la Calificación</b> UPV	
<b>E-mail de contacto</b> irt6990@gmail.com	<b>Teléfono de contacto</b> 626806889
<b>Tipo de edificio</b> Unifamiliar	

 <b>Calificación Energética</b>	<b>Proyecto</b> Vivienda unifamiliar - supuesto de construcción con balas de paja.	
	<b>Localidad</b> chiva	<b>Comunidad</b> valencia

## 2. DESCRIPCIÓN GEOMÉTRICA Y CONSTRUCTIVA


### 2.1. Espacios

Nombre	Planta	Uso	Clase higrometria	Área (m <sup>2</sup> )	Altura (m)
P01_E01	P01	Nivel de estanqueidad 1	3	78,15	0,40
P02_E01	P02	Residencial	3	78,15	0,40
P03_E01	P03	Residencial	3	77,89	2,70

### 2.2. Cerramientos opacos

#### 2.2.1 Materiales

Nombre	K (W/mK)	e (kg/m <sup>3</sup> )	Cp (J/kgK)	R (m <sup>2</sup> K/W)	Z (m <sup>2</sup> sPa/kg)
Paja	0,047	100,00	1260,00	-	1
Revoco de arcilla fino	0,800	1700,00	1000,00	-	4
Revoco de arcilla y fibra	0,240	860,00	829,00	-	10
Tablero de fibra de madera 40 mm	0,038	140,00	2100,00	-	5
Tablero OSB 3	0,130	650,00	1560,00	-	30
Celulosa cubierta	0,040	48,00	1900,00	-	1
Celulosa sobrecimentacion	0,040	48,00	1900,00	-	1
Plaqueta o baldosa cerámica	1,000	2000,00	800,00	-	30
Mortero de cemento o cal para albañilería y	0,550	1125,00	1000,00	-	10
Mortero de áridos ligeros [vermiculita perlita]	0,410	1000,00	1000,00	-	10
BC con mortero aislante espesor 190 mm	0,302	910,00	1000,00	-	10
Tierra vegetal [d < 2050]	0,520	2050,00	1840,00	-	1

 <b>Calificación Energética</b>	<b>Proyecto</b> Vivienda unifamiliar - supuesto de construcción con balas de paja.	
	<b>Localidad</b> chiva	<b>Comunidad</b> valencia

Nombre	K (W/mK)	e (kg/m <sup>3</sup> )	Cp (J/kgK)	R (m <sup>2</sup> K/W)	Z (m <sup>2</sup> sPa/kg)
Etileno propileno dieno monómero [EPDM]	0,250	1150,00	1000,00	-	6000
Plaqueta o baldosa de gres	2,300	2500,00	1000,00	-	30
Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]	0,469	930,00	1000,00	-	10


## 2.2.2 Composición de Cerramientos

Nombre	U (W/m <sup>2</sup> K)	Material	Espesor (m)
Termoarcilla de FS	1,64	BC con mortero convencional espesor 190 mm	0,190
Muro de paja	0,12	Revoco de arcilla fino	0,004
		Revoco de arcilla y fibra	0,035
		Paja	0,360
		Revoco de arcilla y fibra	0,035
		Revoco de arcilla fino	0,004
Cubierta	0,25	Tierra vegetal [d < 2050]	0,060
		Etileno propileno dieno monómero [EPDM]	0,020
		Tablero ODB 3	0,010
		Celulosa cubierta	0,100
		Tablero de fibra de madera 40 mm	0,040
Particiones interiores	2,68	Plaqueta o baldosa de gres	0,020
		Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]	0,075
		Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020

## 2.3. Cerramientos semitransparentes

### 2.3.1 Vidrios

Nombre	U (W/m <sup>2</sup> K)	Factor solar
--------	---------------------------	--------------

 <b>Calificación Energética</b>	<b>Proyecto</b> Vivienda unifamiliar - supuesto de construcción con balas de paja.	
	<b>Localidad</b> chiva	<b>Comunidad</b> valencia

Nombre	U (W/m²K)	Factor solar
VER_DB3_4-12-6	1,60	0,70


### 2.3.2 Marcos

Nombre	U (W/m²K)
VER_Madera de densidad media baja	2,00

### 2.3.3 Huecos

<b>Nombre</b>	Puerta
<b>Acrilamiento</b>	VER_DB3_4-12-6
<b>Marco</b>	VER_Madera de densidad media baja
<b>% Hueco</b>	99,00
<b>Permeabilidad m³/hm² a 100Pa</b>	60,00
<b>U (W/m²K)</b>	2,00
<b>Factor solar</b>	0,06

<b>Nombre</b>	Ventana
<b>Acrilamiento</b>	VER_DB3_4-12-6
<b>Marco</b>	VER_Madera de densidad media baja
<b>% Hueco</b>	10,00
<b>Permeabilidad m³/hm² a 100Pa</b>	50,00
<b>U (W/m²K)</b>	1,64
<b>Factor solar</b>	0,64


 <b>Calificación Energética</b>	<b>Proyecto</b> Vivienda unifamiliar - supuesto de construcción con balas de paja.	
	<b>Localidad</b> chiva	<b>Comunidad</b> valencia

### 3. Sistemas

<b>Nombre</b>	sistema de captacion solar ACS
<b>Tipo</b>	agua caliente sanitaria
<b>Nombre Equipo</b>	EQ_Caldera-ACS-Electrica-Defecto
<b>Tipo Equipo</b>	Caldera eléctrica o de combustible
<b>Nombre demanda ACS</b>	ACS
<b>Nombre equipo acumulador</b>	ninguno
<b>Porcentaje abastecido con energia solar</b>	40,00
<b>Temperatura impulsión (°C)</b>	60,0
<b>Multiplicador</b>	1

### 4. Equipos

<b>Nombre</b>	EQ_Caldera-ACS-Electrica-Defecto
<b>Tipo</b>	Caldera eléctrica o de combustible
<b>Capacidad nominal (kW)</b>	6,00
<b>Rendimiento nominal</b>	0,85
<b>Capacidad en función de la temperatura de impulsión</b>	cap_T-EQ_Caldera-unidad
<b>Rendimiento nominal en función de la temperatura de impulsión</b>	ren_T-EQ_Caldera-unidad
<b>Rendimiento en función de la carga parcial en términos de potencia</b>	ren_FCP_Potencia-EQ_Caldera-unidad
<b>Rendimiento en función de la carga</b>	ren_FCP_Tiempo-EQ_Caldera-ACS-Electrica-Defecto

 <b>Calificación Energética</b>	<b>Proyecto</b>	
	Vivienda unifamiliar - supuesto de construcción con balas de paja.	
	<b>Localidad</b>	<b>Comunidad</b>
	chiva	valencia

<b>parcial en términos de tiempo</b>	
<b>Tipo energía</b>	Electricidad


## 5. Justificación

---

### 5.1. Contribución solar

---

<b>Nombre</b>	<b>Contribución Solar</b>	<b>Contribución Solar Mínima HE-4</b>
sistema de captacion solar ACS	40,0	30,0

 <b>Calificación Energética</b>	<b>Proyecto</b> Vivienda unifamiliar - supuesto de construcción con balas de paja.	
	<b>Localidad</b> chiva	<b>Comunidad</b> valencia

## 6. Resultados



	Clase	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año	Clase	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Demanda calefacción	A	11,1	1735,9	D	42,0	6558,5
Demanda refrigeración	D	12,2	1906,7	C	8,2	1283,7
	Clase	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año	Clase	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año
Emisiones CO <sub>2</sub> calefacción	A	4,3	671,0	D	13,5	2106,5
Emisiones CO <sub>2</sub> refrigeración	E	4,7	733,4	D	3,1	483,7
Emisiones CO <sub>2</sub> ACS	C	4,0	624,2	D	4,7	732,6
Emisiones CO <sub>2</sub> totales	C	13,0	2028,5	D	21,3	3322,8
	Clase	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año	Clase	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Consumo energía primaria calefacción	A	16,0	2502,0	D	61,0	9509,9
Consumo energía primaria refrigeración	E	18,7	2921,5	D	12,8	2002,6
Consumo energía primaria ACS	C	16,2	2530,1	D	19,4	3026,6
Consumo energía primaria totales	B	51,0	7953,7	D	93,2	14539,1