



## REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DEMOSTRADOR RIBERA DEL FRESNO (BADAJOZ)



# REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DEMOSTRADOR RIBERA DEL FRESNO (BADAJOZ)

## **LIFE ReNaturalNZEB**

Rehabilitación energética demostrador Ribera del Fresno (Badajoz)

### **Autores:**

Mónica Ruiz Roso Luna. Arquitecta

Ana Belén Durán Serrano. Arquitecta Técnica Servicio Arquitectura, Calidad y Eficiencia Energética.

Esther García Méndez. Arquitecta Servicio Arquitectura, Calidad y Eficiencia Energética

### **Coordinación:**

Servicio de Arquitectura, Calidad y Eficiencia Energética

Esther Gamero Ceballos- Zúñiga.

Fernando Babiano Gómez.

Idoia Muriel Martín

### **Colaboradores:**

José Timón Tiemblo. Arquitecto. Departamento Técnico URVIPEXSA

María Isabel Tovar Breña. Arquitecta. Departamento Técnico URVIPEXSA

Emilio Santillana Lancho. Arquitecto Técnico. Departamento Técnico URVIPEXSA

Álvaro Rodríguez Martín. Diseño Gráfico y Maquetación

### **Edita:**

Consejería de Infraestructuras, Transporte y Vivienda

Avenida de las Comunidades, s/n

06800 Mérida

Mérida, marzo 2024



# Bienvenidos

Este Manual es parte de una colección de manuales editados y publicados en el seno del **Proyecto LIFE ReNaturalNZE**. El objetivo general perseguido en este Proyecto es el desarrollo de un modelo de construcción de edificios de consumo de energía casi nulo (NZE), con baja huella en carbono y bajo coste, aplicando criterios de economía verde y circular.

Con objeto de cumplir el objetivo de demostrar y promover nuevas soluciones para edificios de consumo de energía casi nula, basadas en materiales naturales y reciclados, se proponen cuatro demostradores en los siguientes emplazamientos:

- 4 viviendas unifamiliares en el Barrio de Santa Engracia (Badajoz)
- 16 viviendas de protección pública en Barrio de San Lázaro. Mérida (Badajoz)
- 3 viviendas unifamiliares de protección oficial en Ribera del Fresno (Badajoz).
- 1 edificio de uso público en La Bazana (Badajoz)

El presente manual “Construcción de 3 nuevas viviendas sociales en Ribera del Fresno (Badajoz)”, forma parte de la publicación de cinco manuales en los que se recogen las experiencias de rehabilitación y monitorización, desarrolladas en los citados demostradores.

La Secretaría General de Vivienda, Arquitectura y Regeneración Urbana, pertenece a la Consejería de Infraestructuras, Transporte y Vivienda de la Junta de Extremadura.

Entre las competencias atribuidas a dicha Secretaría, se encuentran entre otras las relacionadas con eficiencia energética en la edificación, concretamente los aspectos relacionados con la promoción de la calidad de la edificación, el impulso del desarrollo de normativa técnica y la eficiencia energética en materia de vivienda. Por otro lado, desde la Secretaría se diseñan, elaboran, ejecutan, coordinan y evalúan los planes y programas en materia de vivienda, arquitectura y regeneración urbana. Ante dichas competencias, la Secretaría General posibilita opciones de replicabilidad del proyecto, en la medida en la que las soluciones ensayadas con éxito en los demostradores podrían ser trasladadas a la construcción de viviendas sociales.

El presente documento puede ser descargado gratuitamente en las siguientes URL's

SCAN ME



PDF



Introducción	14
Generalidades sobre el municipio de Ribera del Fresno (Badajoz)	18
<b>Morfología del casco histórico</b>	<b>20</b>
Evolución, morfología de la edificación	22
<b>Proyecto básico y de ejecución de tres viviendas unifamiliares en Ribera del Fresno (Badajoz).</b>	
<b>Proyecto Life ReNaturalNZEB</b>	<b>26</b>
Antecedentes y condicionantes de partida	27
Descripción general del proyecto	28
Ubicación en parcela	28
Tipología vivienda	32
Sistemas constructivos	34
Descripción sistema estructural	36
Cimentación	36
Estructura horizontal	36
Estructura vertical	38
Descripción sistema envolvente	38
Cubierta	38
Fachada	40
Medianeras	41
Cerramiento de patios	42
Suelos	42
Descripción sistema de compartimentación	44
Particiones interiores	44
Descripción sistema de acabados	45
Revestimientos exteriores	45
Revestimientos interiores	45
Solados exteriores	46
Solados interiores	46



Carpintería y cerrajerías exteriores	48
Carpinterías interiores	48
Esquema estructural viviendas	49

Ensayos de modelos reales a escala	52
------------------------------------	----



Proceso de construcción	54
Cimentación	54
Estructura horizontal	56
Vivienda 1	56
Vivienda 2	58
Vivienda 3	59
Estructura vertical	60
Vivienda 1	60
Vivienda 2	60
Vivienda 3	61
Sistema envolvente: cubierta	62
Vivienda 1	62
Vivienda 2	63
Vivienda 3	64
Sistema envolvente: fachada	65
Vivienda 1	65
Vivienda 2	65
Vivienda 3	65
Medianeras entre viviendas	66
Medianeras adiabáticas	66
Cerramientos de patios	66
Vivienda 1	67
Vivienda 3	67
Sistema compartimentación: particiones interiores	67
Vivienda 2	67
Sistema acabados: revestimientos exteriores	68
Sistema acabados: revestimientos interiores	69
Sistema acabados: solados exteriores	70
Sistema acabados: Solados interiores	71



Patologías surgidas durante el proceso de construcción	72
Patologías estructurales	73
Arco salón	73
Bóveda forjado sanitario	76
Conclusiones	76
Arco salón	77
Bóveda forjado sanitario	80
Recomendaciones	81
Cambios de proyecto realizados durante el proceso de ejecución de obra	83
Estado final	88
Monitorización y análisis de datos	90
Bibliografía	92
Recursos web	92
Abreviaturas y acrónimos	93



# Introducción

El objetivo principal del proyecto LIFE “**Recycled and Natural Materials and Products to develop Nearly Zero Energy Buildings with low carbon footprint**” (ReNatural NZEB) es ensayar y promover el uso de materiales naturales y reciclados en tecnologías y soluciones constructivas para alcanzar edificios de consumo de energía casi nula con baja huella de carbono, así como la lucha contra la pobreza energética. Según datos del Observatorio Europeo de Pobreza Energética, se estima que más de 50 millones de hogares en la UE viven situación de pobreza energética. Cabe señalar que en la UE, los edificios consumen el 40% del total de la energía consumida en la UE y producen el 35% de todas las emisiones de efecto invernadero.

En el entorno del Proyecto LIFE se lleva a cabo la construcción de 3 viviendas unifamiliares en el municipio de Ribera del Fresno (Badajoz). El objetivo perseguido es establecer una comparativa entre la ejecución de las viviendas aplicando sistemas constructivos tradicionales frente a la construcción mediante sistemas sostenibles ensayados en el Proyecto.

# Introduction

The main objective of the LIFE project “**Recycled and Natural Materials and Products to develop Nearly Zero Energy Buildings with low carbon footprint**” (ReNatural NZEB) is to test and promote the use of natural and recycled materials in construction technologies and solutions to achieve nearly zero energy buildings, with a low carbon footprint, as well as tackling energy poverty. According to data from the European Energy Poverty Observatory, it is estimated that more than 50 million households in the EU live in energy poverty. It should be noted that in the EU, buildings consume 40% of the total energy consumed in the EU and produce 35% of all greenhouse effect emissions.

In the context of the LIFE Project, the construction of 3 single-family houses in Ribera del Fresno (Badajoz) is being carried out. The aim is to establish a comparison between the execution of the houses using traditional construction systems and the construction using sustainable systems tested in the project.



"LA ARQUITECTURA APROPIADA  
NO SOLO BUSCA LA  
SOSTENIBILIDAD ECOLÓGICA,  
SINO TAMBIÉN ECONÓMICA Y  
CULTURAL"

Alvar Aalto



# Generalidades sobre el municipio de Ribera del Fresno (Badajoz)

Ribera del Fresno es un municipio español situado en la provincia de Badajoz (Comunidad Autónoma de Extremadura). Se sitúa entre los municipios de Puebla del Prior y Villafranca de los Barros, a una altitud de 399 metros y pertenece a la comarca de Tierra de Barros.

Su superficie es de 185 km<sup>2</sup> y presenta un relieve muy poco accidentado, con pendientes inferiores al 3% y no más del 5% en las más alomadas.



Plano de situación Ribera del Fresno

Cuenta con una población de 3193 habitantes (INE 2023).

La economía de la localidad gira en torno al sector primario, principalmente cultivo de la vid y el olivo. En cuanto al sector secundario, hay que indicar que existen en la localidad dos zonas industriales. El sector terciario representa un peso muy importante en la economía local, al contar con numerosos negocios de hostelería y comercios



Plano de situación Ribera del Fresno en Extremadura



# Morfología del casco histórico

El Arroyo de Valdemedel atraviesa de sur a norte el término municipal de Ribera del Fresno. Por otro lado, la carretera que comunica Villafranca de los Barros con Puebla del Prior, divide a la ciudad en dos zonas, una norte y otra sur.

Al oeste del arroyo apenas hay construidas viviendas, se sitúan en esta margen las zonas deportivas e industriales.



Término municipal Ribera del Fresno

La ciudad creció en torno a la Iglesia parroquial, principalmente hacia el Sur, en torno a dos calles que actuaron como ejes principales. Sobre ellos se fue creando una trama aproximadamente ortogonal, característica de ciudades y villas de origen medieval.



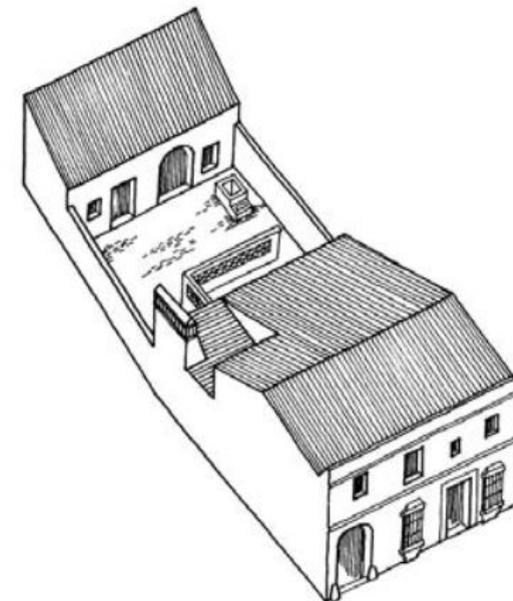
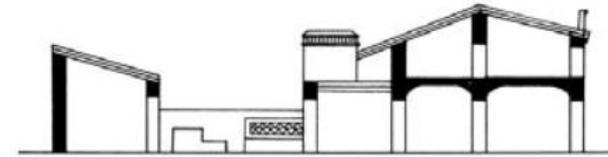
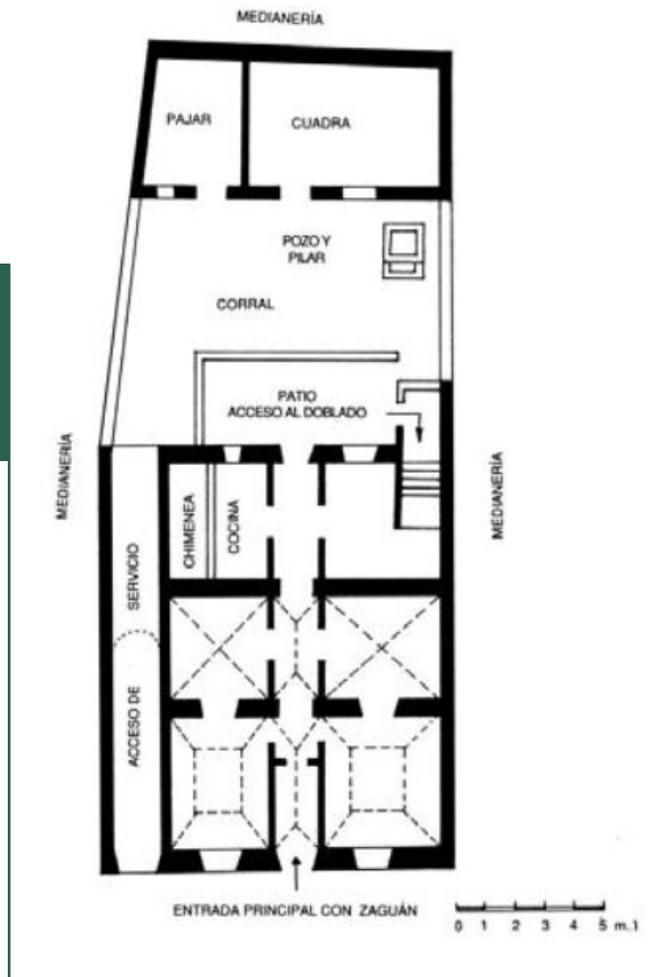
Iglesia parroquial de Nuestra Señora de Gracia, Ribera del Fresno, <https://www.fedesiba.com>



# Evolución, morfología de la edificación

La casa tipo tradicional constaba de dos plantas, la inferior dedicada a vivienda, y la superior o doblado que servía a las necesidades agrícolas. La vivienda contaba con un pasillo que desde la puerta de entrada se prolongaba hasta una amplia cocina, con la típica campana. A uno y otro lado del pasillo abrían las puertas de los dormitorios, muchas veces en alcoba. Tras la cocina se llega al corral, al fondo del cual se situaban las cuadras, y sobre ellas el pajar. En la planta baja era corriente que se situasen los correspondientes lagar y bodega.

Modelo de casa entera de colada. Libro Extremadura popular. Casas y Pueblos. 2ª Edición. Alberto González Rodríguez



Axonometría y sección de casa entera de colada. Libro Extremadura popular. Casas y Pueblos. 2ª Edición. Alberto González Rodríguez.

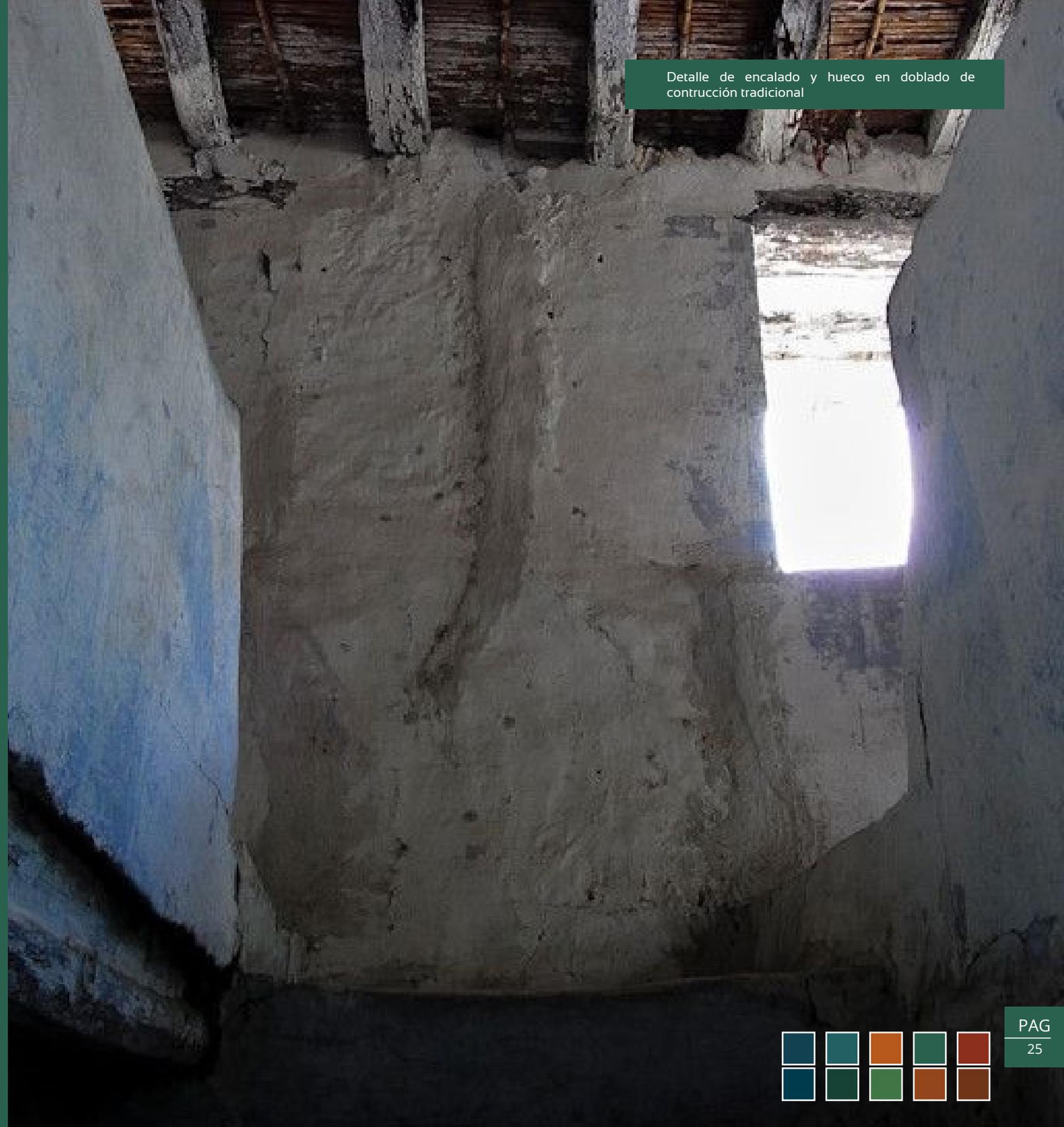


La parte exterior de estas construcciones se caracterizaba por los escasos huecos que presentaba y el blanqueado de su fachada.

La cubierta solía ser de teja árabe a dos aguas, y los materiales más usuales son los muros de carga de tapial o ladrillo, con paramentos enlucidos y encalados, entramados de madera, carpintería de madera en tonos oscuros, dintel y jambas de la puerta de entrada en ocasiones de piedra labrada, y otras veces señalados con la misma fábrica.

Los cambios en los sistemas de cultivo y producción agrícola y la exigencia de unas condiciones higiénico-sanitarias de habitación superiores, dan lugar a cambios en la tipología de vivienda tradicional. Ya no son necesarias las cuadras ni los pajares ni las bodegas ni los lagares en las viviendas, por lo que se separan los usos dependientes del trabajo agrícola de la vivienda familiar. Como consecuencia de ello, en la parte Este de la ciudad surgen una serie de edificaciones para uso de garaje de tractores, almacenaje de aperos de labranza, ... en parcelas de pequeño tamaño.

Detalle de encalado y hueco en doblado de construcción tradicional



# Proyecto básico y de ejecución de tres viviendas unifamiliares en Ribera del Fresno (Badajoz). Proyecto Life ReNaturalNZEB

## Antecedentes y condicionantes de partida

Inicialmente se redacta un Proyecto Básico y de Ejecución para cuatro viviendas unifamiliares en Ribera del Fresno, por los arquitectos del Departamento Técnico de Urvipexsa, José Timón Tiemblo, Fernando Navarro Grueso, y M<sup>a</sup> Isabel Tovar Breña.

Como consecuencia de la pandemia de COVID-19, se produce una demora en la licitación de las obras y el posterior incumplimiento de los plazos establecidos en el proyecto LIFE. Se solicita la prórroga del mismo y con fecha 8 de julio de 2021, se recibe la Concesión de la misma por parte de Europa.

Se reanuda el proceso y se procede a la revisión del Proyecto de 4 viviendas por parte de los arquitectos José Timón y M<sup>a</sup> Isabel Tovar, observándose la necesidad de:

- Modificar los precios de materiales y mano de obra, conforme a la Base de Precios publicada por la Junta de Extremadura.
- Reducir los sobrecostes producidos por el ajuste de precios mediante modificaciones no sustanciales.
- Adaptar el proyecto de acuerdo con las modificaciones del CTE.

Seguidamente se realiza la Licitación de las obras, pero la continua subida de precios y las especiales características de la promoción, hacen que quede desierta.

Ante dicha situación, se decide volver a modificar el proyecto, eliminando los garajes con la intención de ajustar un poco más los precios y hacer viable la contratación para las posibles empresas licitadoras. Un tanteo realizado entre varias empresas constructoras, antes de sacar la licitación, desvela que los presupuestos presentados superan el estimado en la licitación, por lo que se decide reducir el número de viviendas de cuatro a tres. De esta manera surge el proyecto actual de construcción de 3 viviendas unifamiliares en Ribera del Fresno.



# Descripción general del proyecto

## Ubicación en parcela

La parcela sobre la que se construyen las viviendas es propiedad de URVIPEXSA y se ubica en suelo urbano, en la zona norte de Ribera del Fresno (Badajoz), en la prolongación de la calle Alonso García Bravo.

Según levantamiento topográfico realizado, el solar donde se ejecutarán las viviendas cuenta con una superficie total de 1748,68 m<sup>2</sup>, es de planta poligonal, y dan frente en su lado mayor a la prolongación de la calle Alonso García Bravo; en su lado menor izquierdo a la calle José María Pachón Chacón y en su lado menor derecho a la calle Pedro Olmos.

Las viviendas se ubican en la zona norte de la parcela, dejando un espacio libre en la esquina formada con la Calle Pedro Olmos. La creación de este espacio surge ante la necesidad de regularizar las parcelas de las viviendas, para que todas ellas permitan la creación de viviendas tipológicamente iguales.

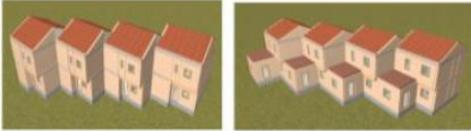


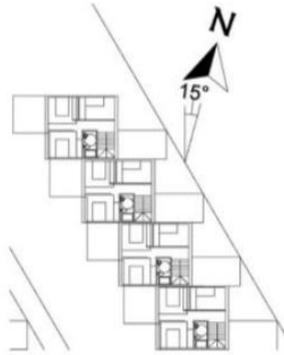
Levantamiento topográfico. Proyecto básico y ejecución 3 viviendas unifamiliares en Ribera del Fresno

Se realizan diferentes simulaciones energéticas sobre cómo distribuir y orientar las viviendas:

- Opción 1. Escalonada y girada
- Opción 2. Alineada y compacta.

### Opción 1. Escalonada y Girada

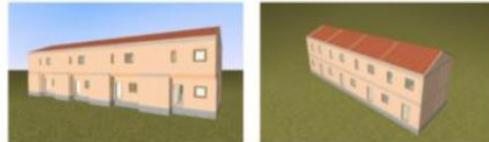


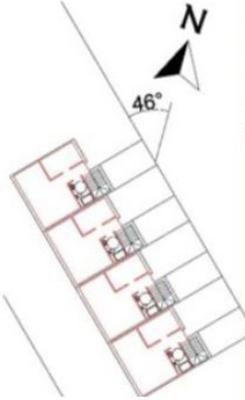


<b>DEMANDA DE CALEFACCIÓN</b>	valor obtenido: <b>31,68 Kw/(m2año)</b> valor CTE: 22,80 kw/(m2año)
<b>DEMANDA DE REFRIGERACIÓN</b>	Valor obtenido: 14,95 kw/(m2año) Valor CTE: 20,00 kw/(m2año)
<b>ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE</b>	Valor obtenido: <b>66,00 kw/(m2año)</b> Valor CTE: 54,18 kw/(m2año)

---

### Opción 2. Alineada y Compacta



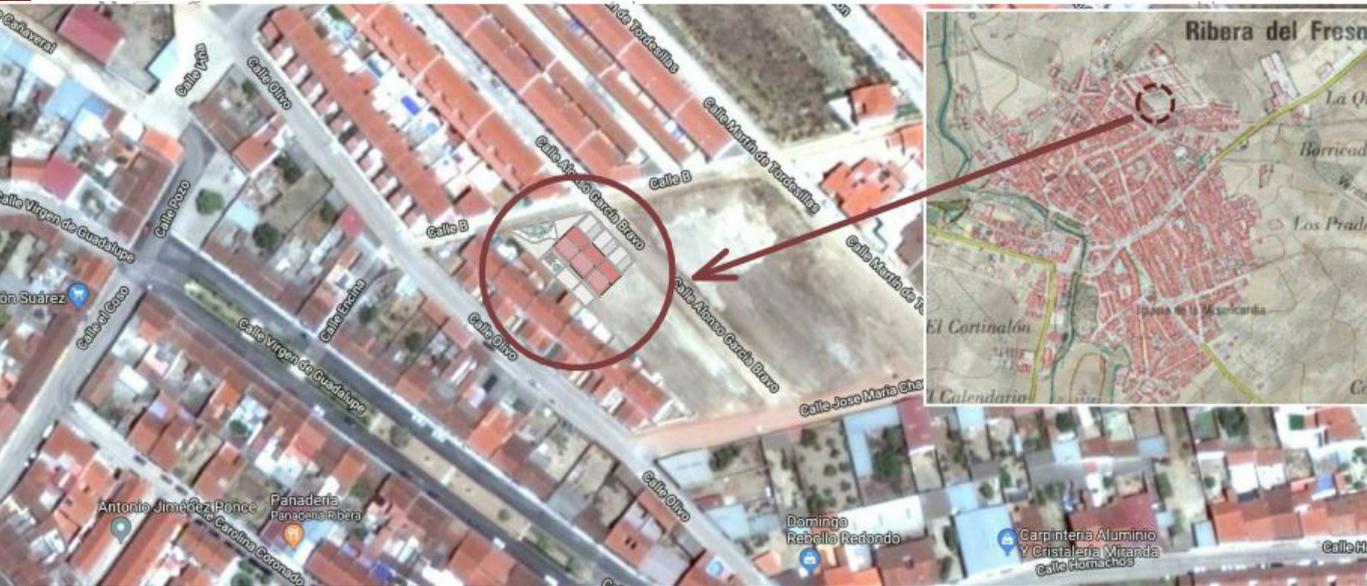


<b>DEMANDA DE CALEFACCIÓN</b>	valor obtenido: 22,31 Kw/(m2año) valor CTE: 22,80 kw/(m2año)
<b>DEMANDA DE REFRIGERACIÓN</b>	Valor obtenido: 13,28 kw/(m2año) Valor CTE: 20,00 kw/(m2año)
<b>ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE</b>	Valor obtenido: 50,00 kw/(m2año) Valor CTE: 54,18 kw/(m2año)

Simulaciones energéticas. Proyecto básico y ejecución 3 viviendas unifamiliares en Ribera del Fresno



Tras el análisis de los resultados energéticos obtenidos, se opta por colocar las viviendas de forma compacta, siguiendo la alineación de la calle.



Situación y emplazamiento

"LA ARQUITECTURA ES LA  
VOLUNTAD DE LA ÉPOCA  
TRADUCIDA A ESPACIO"

Mies van der Rohe



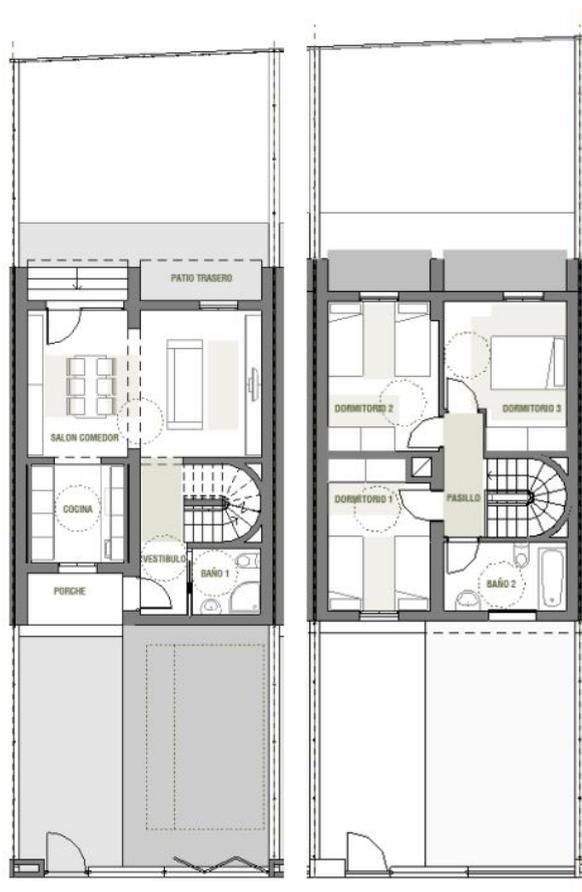
## Tipología vivienda

Siguiendo las constantes tipológicas de viviendas de protección oficial, se proyectan viviendas unifamiliares adosadas de unos 80 m<sup>2</sup> útiles, repartidos en dos plantas de altura.

La distribución de las viviendas es la siguiente: El acceso a cada vivienda es independiente y tiene lugar a través de un porche ubicado en el patio delantero. La entrada tiene lugar directamente a un vestíbulo configurado

como un espacio abierto que comunica con el baño, con el estar- comedor, y desde el que arrancan las escaleras que conducen a planta primera. Desde la zona de comedor se puede acceder a la cocina y al patio trasero. El estar-comedor vuelca hacia el patio posterior, y la cocina hacia el patio delantero. En planta primera, un pequeño distribuidor da acceso a tres dormitorios y a un baño.

### Tipología vivienda



### Cuadro de superficies útiles

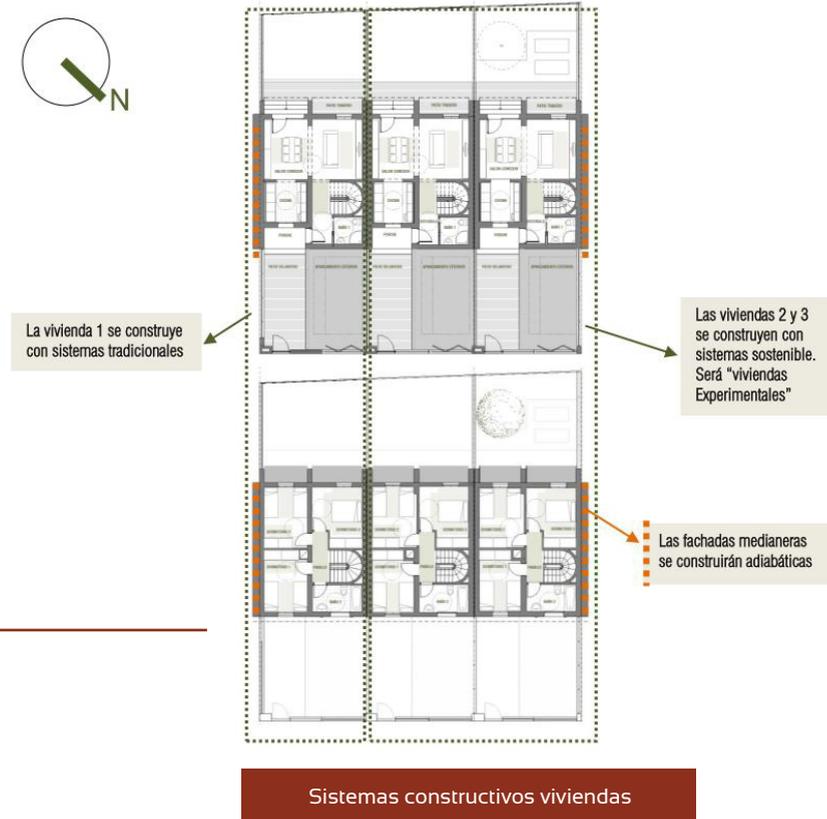
Superficies útiles_vivienda 1		Superficies útiles_vivienda 2		Superficies útiles_vivienda 3	
<b>VIVIENDA</b>					
BAÑO 1	2.92 m <sup>2</sup>	BAÑO 1	2.88 m <sup>2</sup>	BAÑO 1	2.89 m <sup>2</sup>
COCINA	6.29 m <sup>2</sup>	COCINA	6.01 m <sup>2</sup>	COCINA	6.02 m <sup>2</sup>
PORCHE	1.68 m <sup>2</sup>	PORCHE	1.64 m <sup>2</sup>	PORCHE	1.60 m <sup>2</sup>
SALON COMEDOR	22.95 m <sup>2</sup>	SALON COMEDOR	22.30 m <sup>2</sup>	SALON-COMEDOR	22.33 m <sup>2</sup>
VESTIBULO	6.17 m <sup>2</sup>	VESTIBULO	5.99 m <sup>2</sup>	VESTIBULO	5.99 m <sup>2</sup>
<b>BAÑO 2</b>					
BAÑO 2	5.16 m <sup>2</sup>	BAÑO 2	5.16 m <sup>2</sup>	BAÑO 2	5.17 m <sup>2</sup>
DORMITORIO 1	10.18 m <sup>2</sup>	DORMITORIO 1	9.54 m <sup>2</sup>	DORMITORIO 1	9.55 m <sup>2</sup>
DORMITORIO 2	10.30 m <sup>2</sup>	DORMITORIO 2	10.39 m <sup>2</sup>	DORMITORIO 2	10.40 m <sup>2</sup>
DORMITORIO 3	10.64 m <sup>2</sup>	DORMITORIO 3	10.43 m <sup>2</sup>	DORMITORIO 3	10.44 m <sup>2</sup>
PASILLO	3.37 m <sup>2</sup>	PASILLO	3.31 m <sup>2</sup>	PASILLO	3.30 m <sup>2</sup>
	79.66 m <sup>2</sup>		77.64 m <sup>2</sup>		77.70 m <sup>2</sup>
<b>PATIO</b>					
PATIO DELANTERO	16.14 m <sup>2</sup>	PATIO DELANTERO	17.07 m <sup>2</sup>	PATIO DELANTERO	16.70 m <sup>2</sup>
PATIO TRASERO	39.76 m <sup>2</sup>	PATIO TRASERO	41.88 m <sup>2</sup>	PATIO TRASERO	42.17 m <sup>2</sup>
	55.90 m <sup>2</sup>		58.94 m <sup>2</sup>		58.88 m <sup>2</sup>
<b>APARCAMIENTO</b>					
APARCAMIENTO EXTERIOR	23.41 m <sup>2</sup>	APARCAMIENTO EXTERIOR	23.43 m <sup>2</sup>	APARCAMIENTO EXTERIOR	23.77 m <sup>2</sup>
	23.41 m <sup>2</sup>		23.43 m <sup>2</sup>		23.77 m <sup>2</sup>



## Sistemas constructivos

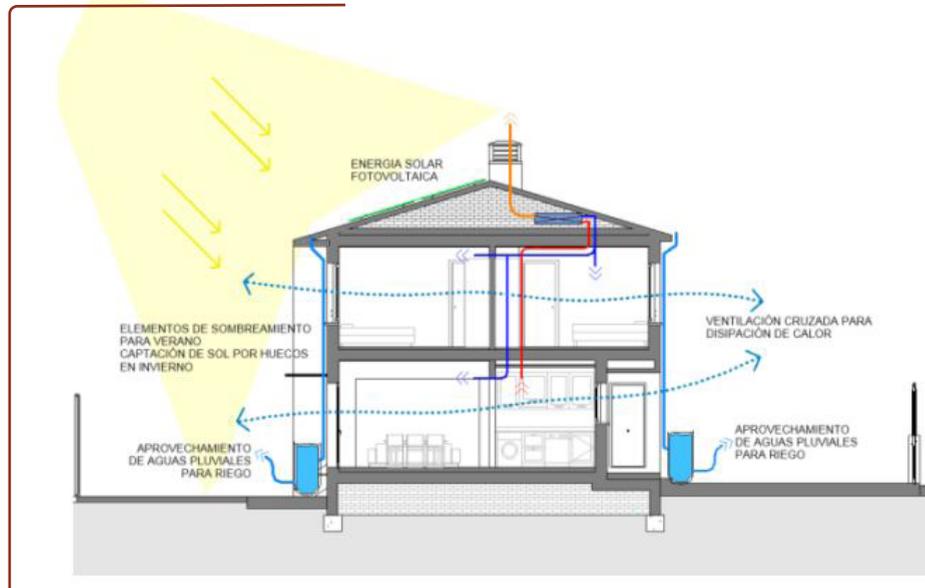
Tras la decisión de reducir la promoción a tres viviendas, se decide eliminar la que se construía con forjados de madera, por entender que dicho sistema constructivo era más caro y cuenta con menor proyección en Extremadura. Respecto a las tres viviendas restantes, una de ellas se construirá mediante sistemas constructivos tradicionales (que sirva como base de comparación), y las otras dos, con los sistemas constructivos sostenibles ensayados con anterioridad en el Proyecto.

Las fachadas medianeras se construirán adiabáticas colocando 40cm de aislamiento, como si estuvieran en contacto con un local no calefactado, para que su exposición al medio exterior no interfiera en los resultados obtenidos.



Finalmente se indican una serie de medidas pasivas que se incorporan en las viviendas:

### Esquema medidas pasivas



- Gran compactad
- Inercia térmica
- Tratamiento de puentes térmicos
- Ventilación cruzada
- Energía solar fotovoltaica
- Grandes huecos al SO
- Elementos de sombreado
- Recogida de aguas pluviales para su uso en riego



## Descripción sistema estructural

### Cimentación

**Vivienda 1:** Se proyecta una cimentación superficial, ejecutada in situ, a base de zapatas corridas de hormigón armado y vigas de hormigón armado. Para llegar al firme, las zapatas se apoyarán sobre dados corridos de hormigón en masa.

**Viviendas 2 y 3:** Se proyecta una cimentación superficial, ejecutada in situ, a base de zapatas corridas de hormigón armado y vigas de atado de hormigón armado, realizado con áridos reciclados. Para llegar al firme, las zapatas se apoyarán sobre dados corridos de hormigón en masa con árido reciclado.

### Estructura horizontal

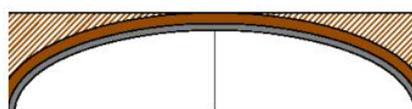
**Vivienda 1:** Mediante forjado unidireccional de hormigón armado de 22+5 cms de espesor, en forjado sanitario, y en forjados de planta primera y de cubierta. En planta baja, el forjado sanitario se apoyará sobre muretas de ladrillo perforado.

**Vivienda 2:** En planta baja se realizará una solera de hormigón armado de 15cm de espesor con áridos reciclados, sobre film de polietileno y un enchado de grava 90cm de espesor mínimo. En planta primera, los forjados se resolverán con bóvedas de cañón, de sección extremeña en forma de elipse con proporción  $f/L=1/5$ , realizadas con una primera hoja de piezas de Celenit N (panel de viruta de madera de abeto, aglomerado con cemento Portland) o equivalente y una segunda hoja de rasillas de BTC. Se rellenará los riñones hasta la mitad de su altura con mezcla de mortero y cascotes y tendrá función estructural. El resto del relleno, hasta llegar a la clave podrá ser material disgregado como árido reciclado, pudiendo introducir elementos aligerantes, tales como botellas de plástico o ladrillo hueco.

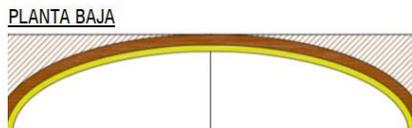
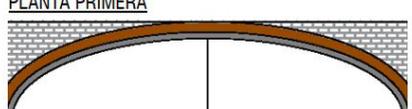
**Vivienda 3:** Se resolverán con bóvedas de cañón de dos hojas, de sección extremeña en forma de elipse con proporción  $f/L=1/5$ . En planta baja se realizarán con una primera hoja de piezas de vidrio celular tipo Polydros o equivalente y una segunda hoja de rasillas de BTC, sobre las que se dispondrá un relleno estructural de áridos reciclados. En planta primera se realizarán con una primera hoja de piezas de Celenit N (panel de viruta de madera de abeto, aglomerado con cemento Portland) o equivalente, una

segunda hoja de piezas de BTC y costillas de piezas de BTC. Sobre las costillas se colocará rastreles de madera para recibir el solado.

Los suelos de exteriores se ejecutarán mediante solera de hormigón fratasada de 15 cm de espesor. En la vivienda 1 se ejecutará con hormigón convencional, en la vivienda 2 el hormigón utilizado contará con una proporción de áridos reciclados del 20% del peso total de árido grueso y en la 3 el hormigón utilizado contará con una proporción de caucho reciclado del 5% del peso total de la arena.

<p><u>PLANTA BAJA</u></p> 	<p><u>Solera de HA sobre enchado de grava:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Solera de 15cms de espesor de HA con áridos reciclados</li> <li>- Film de polietileno</li> <li>- En cachado de grava</li> </ul>
<p><u>PLANTA PRIMERA</u></p> 	<p><u>Bóveda ejecutada con Celenit N o equivalente y BTC + relleno estructural</u></p> <p>Celenit N: Los tableros de 45*30*2,5 cm se dividirán en piezas de 22.5*10*2,5 cm / Material de agarre: mortero de yeso.</p> <p>Pieza de BTC: 20*10*4 cm / Material de agarre: mortero de barro.</p>

Esquema estructura horizontal vivienda 2

<p><u>PLANTA BAJA</u></p> 	<p><u>Bóveda ejecutada con Polydros o equivalente y BTC + relleno estructural</u></p> <p>Polydros: Los paneles de 200*60*5 cm se dividirán en piezas de 20*10*5 cm / Material de agarre: mortero de yeso</p> <p>Pieza de BTC: 20*10*4 cm / Material de agarre: mortero de barro.</p>
<p><u>PLANTA PRIMERA</u></p> 	<p><u>Bóveda ejecutada con Celenit N o equivalente y BTC + costillas de BTC</u></p> <p>Celenit N: Los tableros de 45*30*2,5 cm se dividirán en piezas de 22.5*10*2,5 cm / Material de agarre: mortero de yeso.</p> <p>Pieza de BTC: 20*10*4 cm / Material de agarre: mortero de barro.</p>

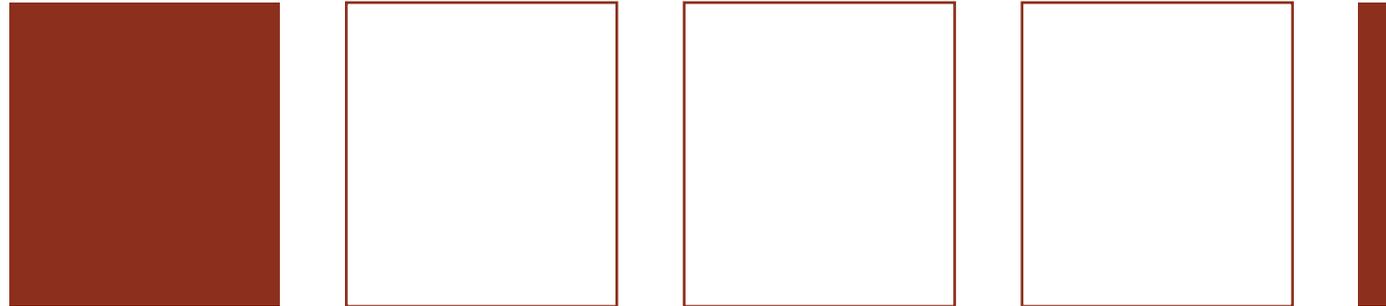
Esquema estructura horizontal vivienda 3



## Estructura vertical

**Vivienda 1:** Muros de carga realizados con fábrica de ladrillo perforado de 25x12x10cm de ½ pie de espesor.

**Vivienda 2 y 3:** Muros de carga realizados con fábrica de bloque de tierra comprimida (BTC) de 29,5x14x9 cm de ½ pie de espesor, SOLBLOC o equivalente. Compuesto de tierras seleccionadas y cal, recibido con mortero seco de tierra y cal.



## Descripción sistema envolvente

### Cubierta

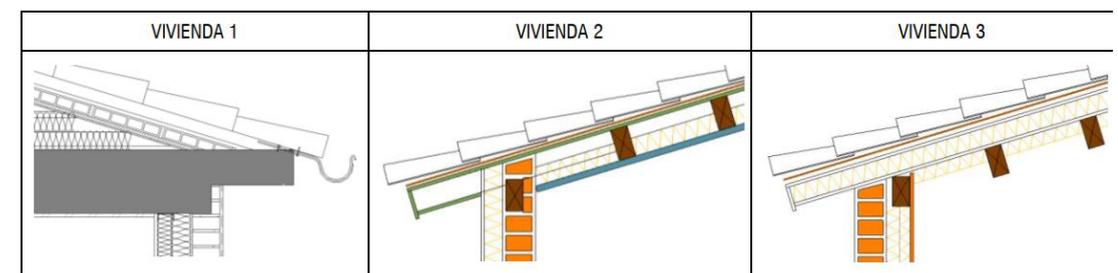
**Vivienda 1:** Se realizará sobre el forjado de cubierta, mediante rasillones cerámicos y fábricas aligeradas tipo tabique palomero de ladrillo hueco doble, que se alternarán con fábrica de ½ pie de ladrillo perforado, según las longitudes y altura de las cuñas. Sobre esta formación de pendiente se dispondrá un tablero machihembrado, una capa de compresión de mortero de 5cm de espesor y cubrición de teja cerámica mixta. El aislamiento se realizará mediante panel de lana mineral hidrofugada pegado sobre un papel Kraft que sirve de barrera de vapor (ubicado en la cara en contacto con el forjado de cubierta), y panel de

lana mineral colocado encima del otro panel de lana. El aislamiento se colocará entre los tabiques palomeros, envolviendo también a estos hasta una altura de 15cm como mínimo por ambas caras.

**Vivienda 2:** Se realizará con un entramado de madera formado por vigas, correas, tablero de partículas hidrofugado, placa de cemento reforzado EURONIT o equivalente y teja cerámica mixta. El aislamiento térmico se resolverá mediante un panel ecológico, fabricado en cáñamo, con paneles de kenaf o similar, en dos capas de 60mm de espesor (e=12cms). El aislamiento se colocará entre las viguetas.

**Vivienda 3:** Se realizarán con un entramado de madera formado por vigas, correas y panel sándwich machihembrado, formado por tablero superior de aglomerado hidrófugo de 19mm, núcleo de corcho negro expandido de 100mm y base de tablero de partículas

orientadas S.S.B.3 de 10mm. Cubierta de teja mixta sobre membrana continua termo- impermeable de 1 cm de espesor, (de EXTREmCORK o equivalente). El aislamiento térmico se resolverá con el propio panel sándwich y con un extra de aislamiento mediante plancha de corcho aglomerado expandido de 60mm de espesor.



Esquema cubiertas viviendas



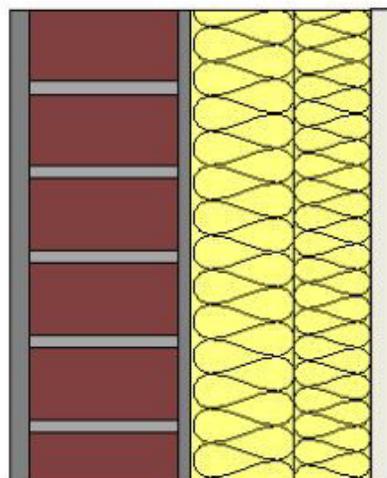
## Fachada

**Vivienda 1:** Estarán compuestos por una hoja de fábrica de ladrillo perforado de 25x12x10cm de ½ pie de espesor, aislamiento térmico acústico con panel rígido o semirígido de lana mineral de 80mm de espesor y barrera de vapor. Trasdoso autoportante formado por montantes de chapa de acero galvanizado de 70mm de ancho, a base de montantes separados 400mm entre ellos, placas de yeso laminado y canales. Atornillado por una de sus caras con una placa de 15mm de espesor y placa especial para cuartos húmedos resistente al agua.

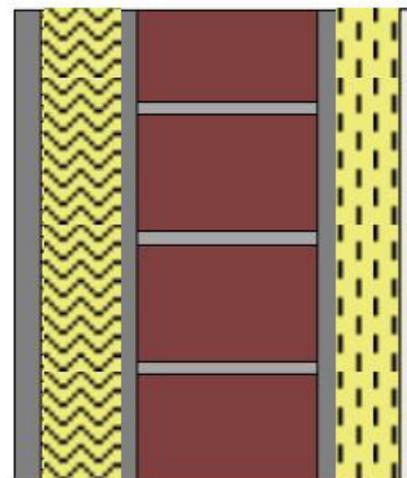
**Vivienda 2:** Estarán compuestos por una hoja de fábrica de tierra comprimida (BTC) de 29,5x14x9cm de ½ pie de espesor, compuesta de tierras seleccionadas y cal, recibido con mortero seco de tierra y cal. Un sistema de aislamiento por el exterior (SATE) compuesto por un aislamiento panel aislante de corcho negro de 6 cms de espesor, acabado con mortero de cal coloreado. Trasdoso con estructura autoportante de 46mm con aislamiento térmico de panel de knaf de 4cms de espesor entre perfilería y panel de yeso laminado de 15 mm de espesor.

**Vivienda 3:** Estarán compuestos por una hoja de fábrica de tierra comprimida (BTC) de 29,5x14x9cm de ½ pie de espesor, compuesta de tierras seleccionadas y cal, recibido con mortero seco de tierra y cal. Aislamiento térmico con panel ecológico, fabricado en cáñamo, kenaf o similar de 60mm de espesor. Trasdoso autoportante formado por montantes de chapa de acero galvanizado de 70mm de ancho, con aislamiento térmico compuesto de plancha de celulosa reciclada de 60 mm de espesor entre perfilería y panel de yeso laminado de 15 mm de espesor.

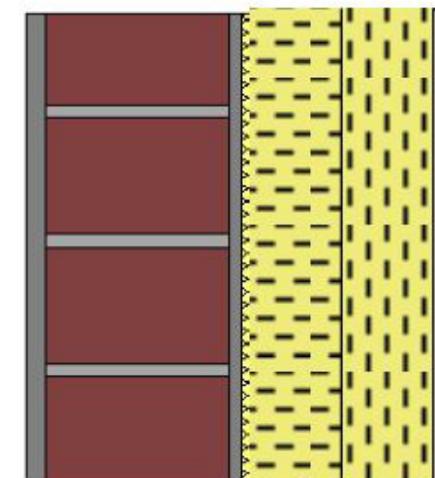
Vivienda 1  
29.5cms



Vivienda 2  
31cms



Vivienda 3  
30.5cms



Esquema fachadas viviendas

## Medianeras

**Vivienda 1:** En estancias secas: Muro de 1 pie de fábrica de ladrillo perforado + enlucido de yeso interior En cocina: 1 pie de fábrica de ladrillo + trasdosado autoportante de placa de yeso laminado (PYL) + alicatado. En baños: 1 pie de fábrica de ladrillo + alicatado.

**Vivienda 2 Y 3:** En estancias secas: 1 pie de BTC+ enlucido de mortero de arcilla. En cocina: 1 pie de BTC + trasdosado autoportante de PYL + alicatado. En baños: 1 pie de BTC + alicatado.

Las medianeras de las viviendas extremas serán adiabáticas como si estuvieran en contacto con un local no calefactado, para que su exposición al medio exterior no interfiera en los resultados obtenidos. Para ello, se colocará panel rígido de lana de roca volcánica de alta densidad no revestido en 4 capas de 100mm cada una, logrando un espesor de 400 mm de aislamiento. El acabado será un acabado de panel de cemento madera.



## Cerramiento de patios

**Cerramiento de parcela:** En frontales muro de 1 pie de ladrillo perforado exterior enfoscado a dos caras  $h_{min}=1,20m$ , en laterales muro de 1 pie de ladrillo perforado exterior enfoscado a dos caras  $h_{min}=1,20m$  + verja de malla electrosoldada con entramado de cañizo,  $h=1,30m$ .

**Separación entre parcelas y cerramiento de parcela trasero:** Muro de bloque de hormigón blanco de  $40x20x20cm$   $h_{min}=1,20m$  + verja de malla electrosoldada con entramado de cañizo,  $h=1,30m$ .

## Suelos

**Vivienda 1:** Se dispondrán sobre el forjado sanitario realizado de HA, dejando siempre una cámara de aire con el terreno superior a 30cm que quedará debidamente ventilada con tomas de aire hacia el exterior situadas en las fachadas. En la cara superior del forjado se dispondrán aislamiento térmico y acústico compuesto de placas rígidas de poliestireno extruido de 80 mm de espesor.

**Vivienda 2:** Se dispondrá sobre solera de HA de 15cms + film de polietileno + enchado de grava de 90 cms. Se colocará placas de vidrio celular, tipo Polidros o equivalente, de 20 mm en el contorno de la solera y el enchado.

**Vivienda 3:** Se dispondrán sobre el forjado sanitario realizado con bóveda de vidrio celular tipo Polydros o equivalente (5cms) + BTC (4cms), dejando siempre una cámara de aire con el terreno superior a 30cm que quedara debidamente ventilada con tomas de aire hacia el exterior situadas en las fachadas. En la cara superior del forjado se dispondrán aislamiento térmico y acústico a base de planchas de corcho negro de 6cms de espesor.



Proceso de construcción de las viviendas, <https://www.juntaex.es>



Proceso de construcción de las viviendas, <https://www.extremadura.com>



## Descripción sistema de compartimentación

### Particiones interiores

**Vivienda 1:** Se ejecutarán con fábrica de ladrillo perforado, excepto el tabique de entrada al baño y al dormitorio 3 que se ejecutarán mediante sistema autoportante de placas de yeso laminado. Se colocará panel de lana mineral de 50mm de espesor entre la perfilería del sistema.

**Vivienda 2:** Se ejecutarán con fábrica de BTC, excepto el tabique de entrada al baño 1 y el de entrada al dormitorio 3, que se ejecutarán con sistema autoportante de placas de yeso laminado. Se colocará panel de kenaf de 60mm de espesor entre la perfilería del sistema.

**Vivienda 3:** Se ejecutarán con fábrica de BTC, excepto el tabique de entrada al baño 1 y el de entrada al dormitorio 3, que se ejecutarán con sistema autoportante de placas de yeso laminado. Se colocará panel de papel reciclado de 60mm de espesor entre la perfilería del sistema

Las placas de yeso laminado que se coloquen en cuartos húmedos serán resistentes a la humedad (WR).

## Descripción sistema de acabados

### Revestimientos exteriores

**Vivienda 1:** Las fachadas se acabarán con un revestimiento enfoscado de mortero de cemento maestreado por su cara externa y serán pintados con pintura pétreo de color blanco. A modo de zócalo, se ejecutará un revoco a la tirolesa. Sobre el porche de acceso se colocará un falso techo formado por planchas de cemento madera de 10mm de espesor con 16 cms de aislamiento térmico de lana mineral (8+8).

**Vivienda 2:** El acabado final de las fachadas se realizará con la última capa del sistema SATE elegido (mortero de cal coloreado FASSACOUCHE o equivalente) de 15 mm de espesor. A modo de zócalo, se ejecutará un revoco bastardo a la tirolesa. Sobre el porche de acceso se colocará un falso techo continuo suspendido formado por paneles ligeros de lana de madera y aislamiento térmico de 6 cms de espesor de Kenaf.

**Vivienda 3:** La fachada principal a la calle y la trasera se acabarán con un revestimiento de mortero de cal. A modo de zócalo, se ejecutará un revoco bastardo a la tirolesa. Sobre

el porche de acceso se colocará un falso techo de panel de lana de madera y aislamiento térmico de papel reciclado (6+6 cms).

### Revestimientos interiores

**Vivienda 1:** Los núcleos húmedos (cocina y baños) irán revestidos con un alicatado de piezas cerámicas hasta el techo, tomadas con mortero cola. El resto de dependencias no necesitarán revestimiento, al ser las propias placas de yeso laminado el acabado final. Sobre estas se aplicará directamente pintura plástica lisa en color a decidir por la D.F. Los techos se acabarán con un tendido de yeso o falso techo de panel de yeso laminado (en cuartos húmedos, las placas serán resistentes a la humedad), según corresponda. Sobre ellos, se aplicarán dos manos de pintura plástica.

**Vivienda 2 y 3:** Los núcleos húmedos (cocina y baños) irán, según zonas definidas por la DF, revestidos con un alicatado de piezas cerámicas (con un 50% de reciclados) tomadas con mortero cola. En el resto de dependencias, los elementos de BTC llevarán un revestimiento de 2mm de mortero de arcilla tipo ECOCLAY BASE o equivalente, sobre el que se aplicará pintura de arcilla al silicato tipo ECOCLAY PAINT. Los techos



se acabarán, según corresponda, con un enlucido de yeso+pintura o falso techo de paneles de fibra de madera tipo Celenit AB, que quedarán vistos.

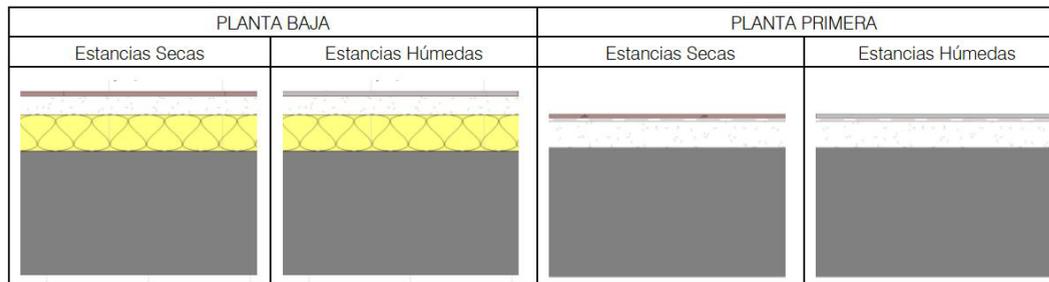
## Solados exteriores

**Vivienda 1:** El porche de acceso y peldaños de salida al patio se ejecutarán con baldosas cerámicas de gres para exteriores.

**Vivienda 2 y 3:** El porche de acceso y los peldaños de salida al patio se ejecutarán con baldosas de gres reciclado para exterior.

## Solados interiores

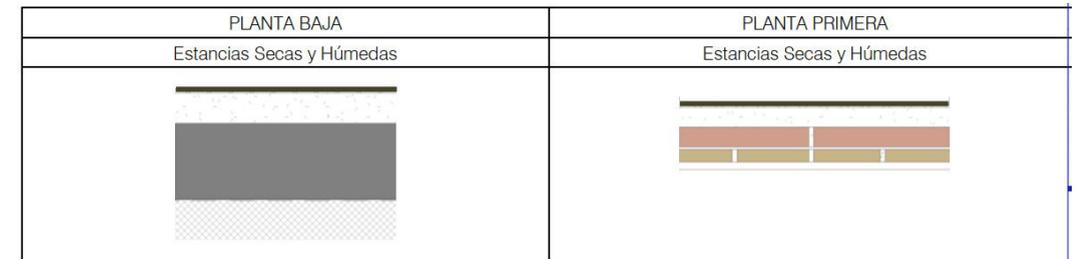
**Vivienda 1:** En planta baja, se dispondrá sobre el forjado un aislante a base de poliestireno extruido (8cms), sobre él se dispondrá mortero autonivelante (5cms) y finalmente el suelo flotante de madera laminada sobre film de polietileno celular, o solado de baldosa de gres para interior en los cuartos húmedos. Las escaleras interiores se realizarán mediante huella formada por tablero de madera laminada, sobre perfil metálico anclado a muros laterales.



Esquema solados interiores vivienda 1

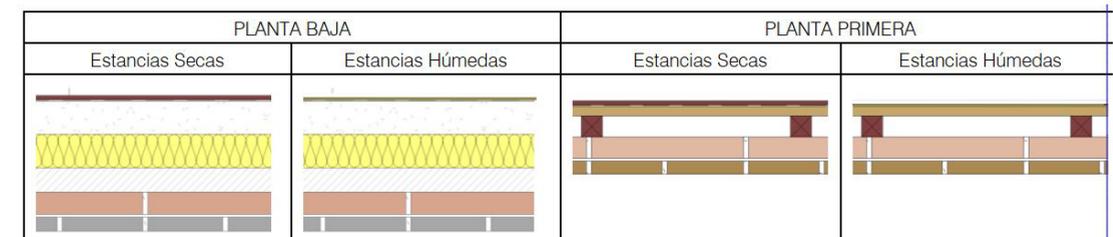
**Vivienda 2:** Sobre la solera de planta baja, se dispondrá mortero autonivelante con biomasa, y finalmente el pavimento flotante de linóleo- corcho de 10,5mm de espesor, sobre film de polietileno celular, o el pavimento continuo de linóleo de 2,5mm de espesor en los cuartos húmedos. En planta primera, sobre el relleno de la bóveda, se dispondrá mortero autonivelante

con biomasa y finalmente la tarima de corcho y linóleo sobre film de polietileno celular. Las escaleras interiores se realizarán mediante huella formada por tablero de madera laminada, sobre perfil metálico anclado a muros laterales.



Esquema solados interiores vivienda 2

**Vivienda 3:** En planta baja, sobre el relleno de la bóveda se dispondrá 6cm de aislamiento de corcho, sobre él se dispondrá mortero autonivelante con biomasa y finalmente el suelo flotante de madera laminada sobre film de polietileno celular, o el pavimento continuo de linóleo en los cuartos húmedos. En planta primera, sobre las costillas de las bóvedas, se colocarán unos rastreles sobre los que se colocará un tablero hidrófugo de 19mm de espesor, y finalmente el suelo flotante de madera laminada sobre film de polietileno celular o el suelo continuo de linóleo en los cuartos húmedos. Las escaleras interiores se realizarán mediante huella formada por tablero de madera laminada, sobre perfil metálico anclado a muros laterales.



Esquema solados interiores vivienda 3



## Carpintería y cerrajerías exteriores

**Vivienda 1:** La carpintería exterior será de PVC con rotura de puente térmico ( $U=1.3W/m^2k$ ) lacado en color RAL a determinar por la D.F., con sistema de apertura abatible, según planos, y contando con sistema compacto para el alojamiento del cajón de persiana. En todas las piezas habitables se optará por un acristalamiento doble tipo Climalit o similar. La puerta de entrada será de tipo THT Arian, o similar, de acero aislante, de 45 mm. de espesor con poliuretano expandido en el interior, prelacada en color a decidir por la D.F., de 2030x830, herrajes de bisagras y cerrojo de seguridad, ambos con la misma llave, tapajuntas por la cara interior y exterior de aluminio lacado en el mismo color que la puerta, mirilla óptica, tirador y manilla cromados y umbral de aluminio.

**Vivienda 2 y 3:** La carpintería exterior será de PVC con rotura de puente térmico ( $U=1.3W/m^2k$ ) lacado en color RAL a determinar por la D.F., con sistema de apertura abatible, según planos, y contando con sistema compacto para el alojamiento del cajón de persiana. En todas las piezas habitables se optará por un acristalamiento doble tipo Climalit o similar. La puerta de entrada será de madera por el exterior y tablero DM lacado por el interior, todo ello montado sobre bastidor metálico de 30 mm. de espesor, en color a decidir por la D.F., de 2030x830, herrajes de bisagras y cerrojo de seguridad, ambos con la misma llave, tapajuntas por la cara interior y exterior de madera en el mismo color que la puerta, mirilla óptica, tirador y manilla cromados y umbral de madera.

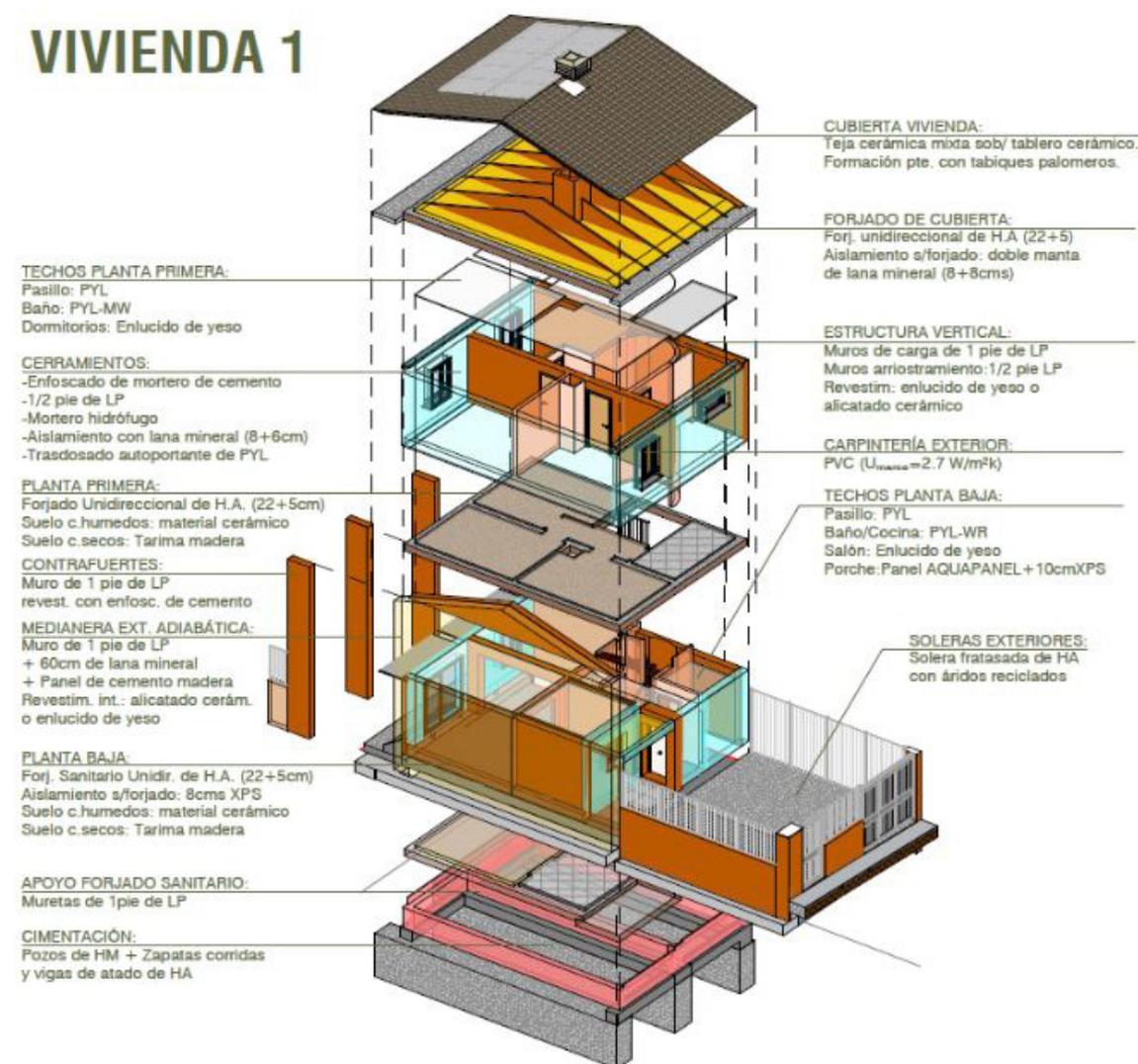
Las **puertas de acceso al patio delantero y del cerramiento de parcela** de las diferentes viviendas se realizarán con marco de acero y paños con malla electrosoldada.

## Carpinterías interiores

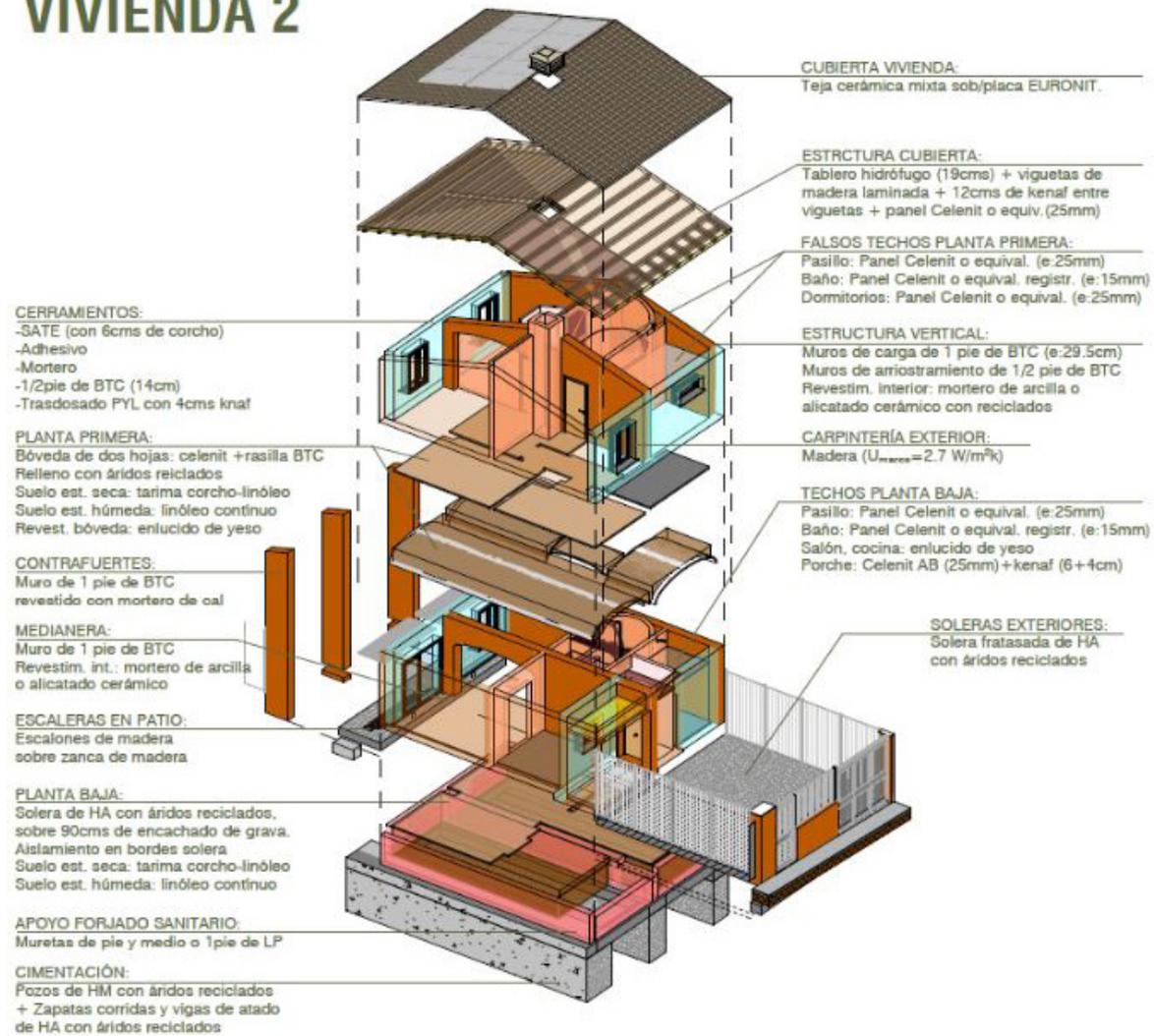
Las **puertas de paso interiores** de todas las viviendas serán en madera aglomerada contrachapadas con acabado en haya o roble. Los herrajes y mecanismos de las carpinterías se proyectan cromados. Los herrajes de cierre y seguridad serán de resbalón, accionados por manillas. Los baños llevarán puertas correderas, tipo Eclipse o similar, con contramarco empotrable para alojar la hoja de la puerta y contarán con pasador de accionamiento interior y exterior de seguridad

## Esquema estructural viviendas

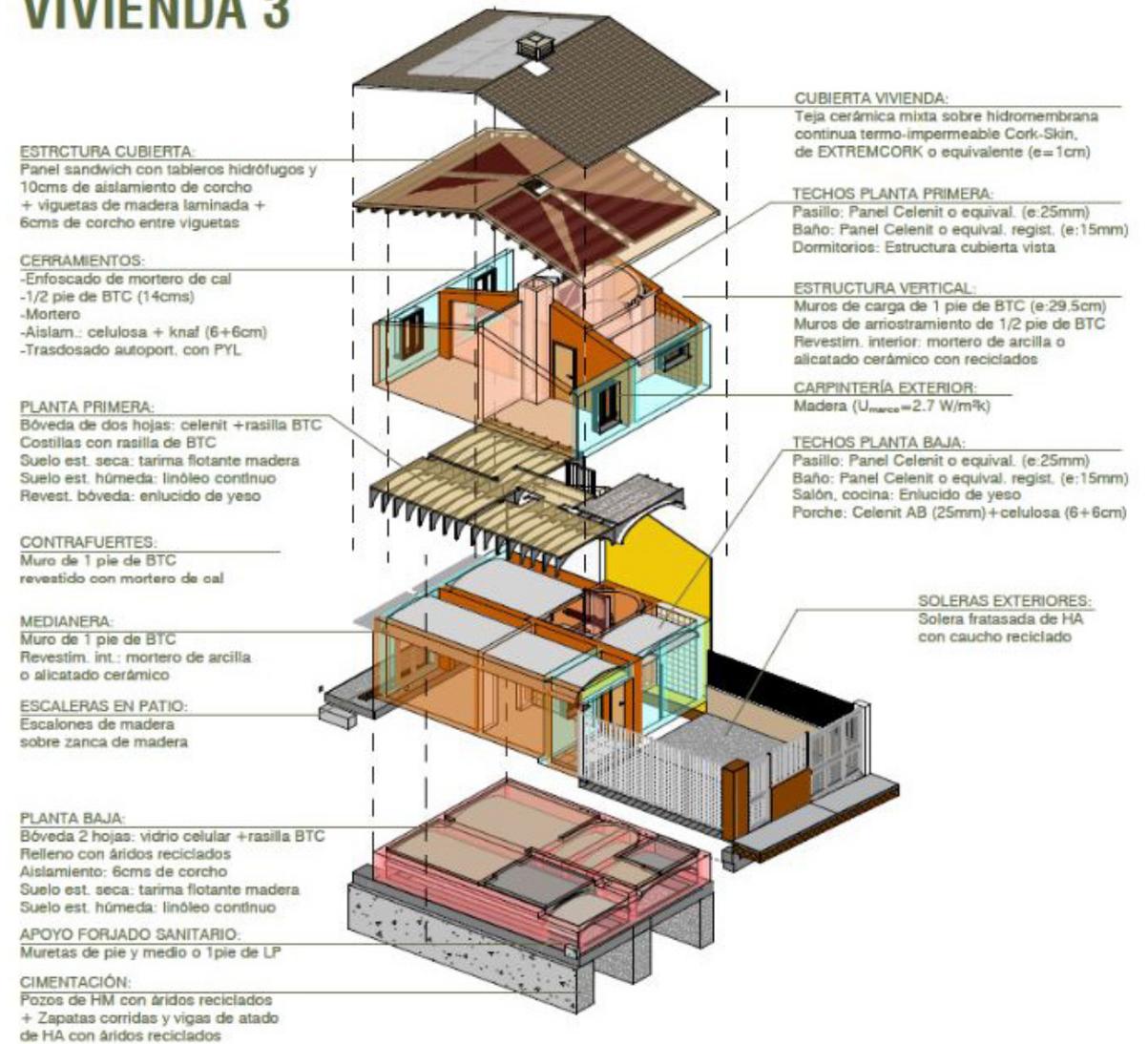
### VIVIENDA 1



## VIVIENDA 2



## VIVIENDA 3



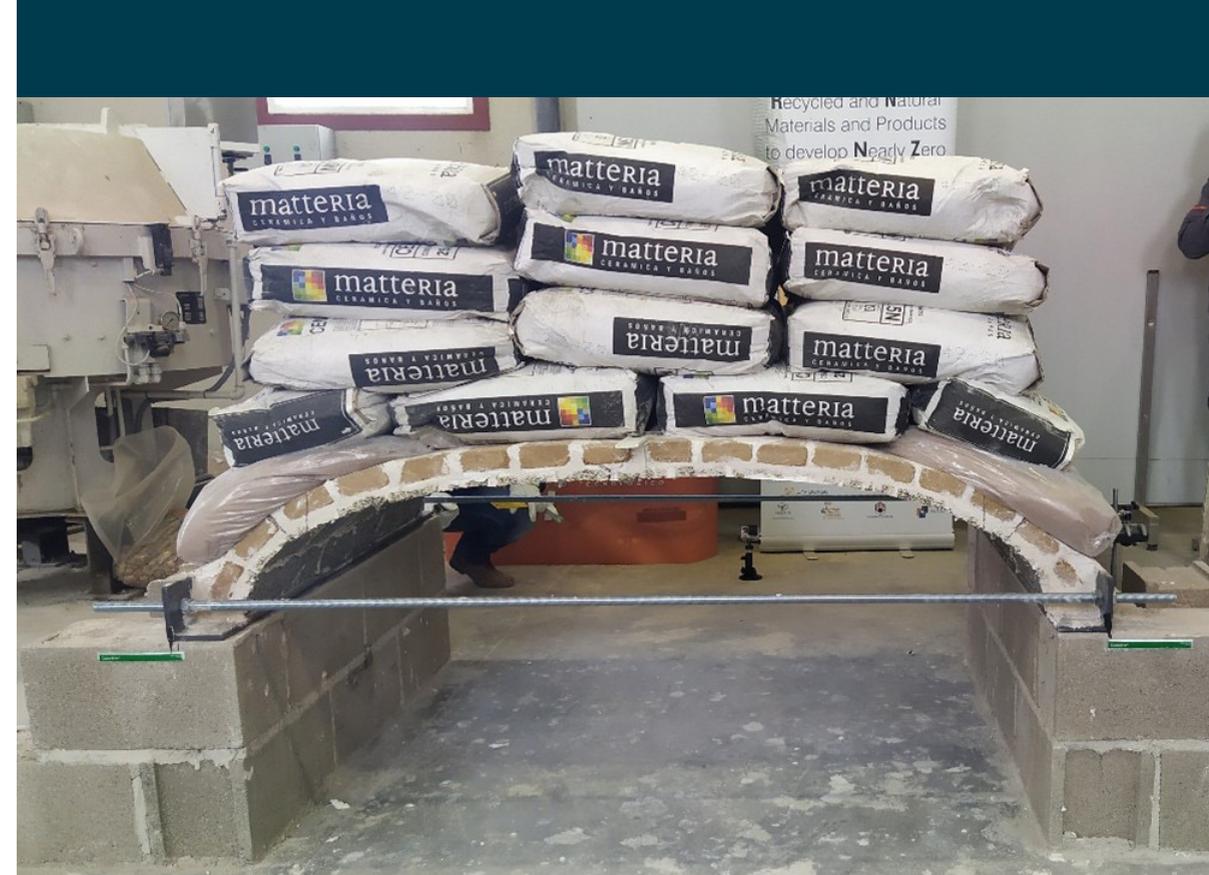
# Ensayos de modelos reales a escala

Para corroborar el modelo teórico de cálculo, se han realizado una serie de ensayos de modelos reales a escala con la misma geometría del proyecto, pero con menor luz (1.50 metros) y flecha (0.30 metros). Se ha ensayado el sistema constructivo de bóveda tabicada de dos hojas de la vivienda 2, la primera hoja de vidrio celular, lana de madera o rasilla cerámica, y la segunda hoja de BTC.

Se han realizado dos ensayos en cada modelo de bóveda. En primer lugar, una prueba de carga, y después, con las cargas aplicadas en el ensayo anterior, se ha simulado el desplazamiento de los apoyos.

Se han construido modelos de bóvedas basadas en dos sistemas constructivos, bien mediante refuerzo del trasdós con costillas o bien mediante el relleno del trasdós de la bóveda. Para cada uno de estos modelos se ha ido modificando el material de construcción de la primera hoja, realizando ensayos con vidrio celular, lana de madera o rasillas cerámicas, y la segunda hoja con BTC como ya se ha comentado. De esta forma, combinando los sistemas constructivos y los materiales de la primera hoja, obtenemos las seis variaciones tipológicas ensayadas.

Para la realización del ensayo de prueba de carga, se ha procedido a cargar las bóvedas hasta alcanzar una sobrecarga total de 6 kN/m<sup>2</sup>, que es del orden 2 veces superior a la sobrecarga de uso prevista en viviendas considerando los coeficientes de seguridad.



Ensayo prueba de carga bóveda

Como conclusión del ensayo se ha observado que en todos los casos ha resistido sobradamente las cargas aplicadas sin apenas apreciar deformación.

El segundo ensayo ha consistido en simular el fallo de los muros por desplazamiento. Así, sobre los mismos modelos y manteniendo la sobrecarga de ensayo anterior, se ha forzado el desplazamiento de los arranques. Una vez iniciada la deformación de los apoyos, se ha comprobado la aparición de rótulas plásticas en la bóveda en forma de fisuras, y que han aparecido sensiblemente en la posición prevista en el modelo teórico de cálculo en casi todos los casos salvo en los que se han observado fallos de construcción por falta de precisión en el trazado de la geometría. Antes del colapso se han llegado a medir flechas de hasta de 10 cm en algunos de los modelos con incrementos de luz del orden de 7 a 8 cm, lo que da idea de la capacidad de deformación que tiene este sistema estructural.



# Proceso de construcción

El 27 de octubre de 2022 se inician las obras, siendo el director de obra D. José Timón Tiemblo y el director de la ejecución D. J. Emilio Santillana Cancho. La empresa adjudicataria es UNIÓN CONSTRUCTIVA CONSAP AYP, S.L.

Las actuaciones realizadas son las siguientes:



Parcela antes inicio obra



Excavación zanjas

## Cimentación



Solar viviendas ubicado esquina C/ Pedro Olmos con C/ Prolongación Alonso García Bravo.

Cimentación superficial ejecutada in situ, zapatas corridas hormigón armado y vigas atado de hormigón armado. En viviendas 2 y 3, se utiliza hormigón armado realizado con áridos reciclados



# Estructura horizontal

## Vivienda 1



Forjado sanitario vivienda 1



Forjado unidireccional hormigón planta primera



Forjado unidireccional hormigón planta primera



## Vivienda 2



Solera de hormigón armado planta baja



Bóveda de cañón de sección extremeña de dos hojas. Primera hoja hecha de piezas de Celenit N y una segunda hoja de rasillas de BTC

## Vivienda 3



Bóveda de cañón de dos hojas planta baja. Una hoja de vidrio celular y otra de rasillas de BTC



Vista bajo bóveda de cañón de dos hojas



Bóveda de cañón de dos hojas planta baja. Una hoja de vidrio celular y otra de rasillas de BTC



# Estructura vertical

## Vivienda 1



Muros de carga realizados con fábrica de ladrillo

## Vivienda 2



Muros de carga realizados con fábrica de BTC con tierras de la zona

## Vivienda 3



Muros de carga realizados con fábrica de BTC con tierras de la zona



Estructura vertical tres viviendas



# Sistema envolvente: cubierta

## Vivienda 1



Forjado de cubierta



Cubierta ejecutada mediante rasillones cerámicos y fábricas aligeradas tipo tabique palomero de ladrillo hueco doble, alternadas con fábrica de 1/2 pie de ladrillo perforado. Sobre esta formación de pendiente se dispone un tablero machihembrado, capa de compresión y cubrición con teja cerámica mixta. Aislamiento de panel lana mineral con barrera vapor incorporada

## Vivienda 2



Ejecutado el entramado de madera formado por vigas, correas y tablero de partículas hidrofugado de la cubierta



Vista entramado de madera formado por vigas, correas y tablero de partículas hidrofugado



Colocación placa de cemento reforzado EURONIT o equivalente y teja cerámica



## Vivienda 3



Ejecutado el entramado de madera formado por vigas, correas y panel sandwich sobre el que se colocará la teja cerámica



Vista entramado de madera formado por vigas, correas y panel sándwich. teja cerámica

## Sistema envolvente: fachada

### Vivienda 1

Una hoja de ½ pie de ladrillo perforado, aislamiento de lana mineral y barrera de vapor, trasdosado estructura de acero autoportante de 70mm con aislamiento entre perfilería y placa de yeso laminado



### Vivienda 2

Una hoja de ½ pie de BTC, SATE y trasdosado con estructura autoportante de 46mm con aislamiento de knaf de 4cms de espesor entre perfilería y panel de yeso laminado de 15 mm de espesor



### Vivienda 3

Una hoja de medio pie de BTC, aislamiento de kenaf (60mm) y trasdosado estructura autoportante de 70mm con aislamiento de celulosa reciclada de 60mm de espesor entre perfilería y panel de yeso laminado de 15 mm de espesor



## Medianeras entre viviendas

Medianera entre viviendas



## Medianeras adiabáticas

Medianera adiabática



## Cerramientos de patios



Cerramiento perimetral de parcela



Ejecución cerramiento separación parcelas

## Sistema compartimentación: particiones interiores

### Vivienda 1



Fábrica de ladrillo perforado  
de ½ pie espesor



### Vivienda 2



Fábrica de bloques de tierra  
comprimida

### Vivienda 3



Fábrica de bloques de tierra  
comprimida



## Sistema acabados: revestimientos exteriores



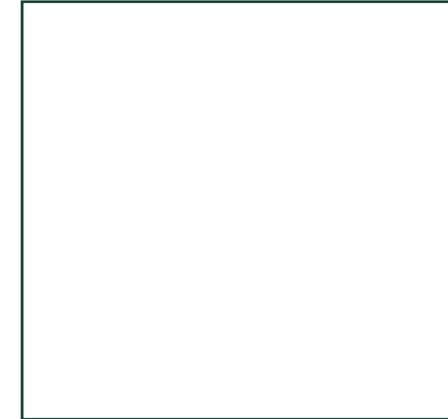
Ejecución fachadas viviendas



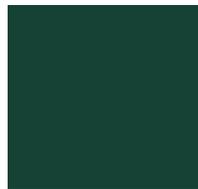
Fachadas viviendas terminadas



Detalle fachada vivienda 2



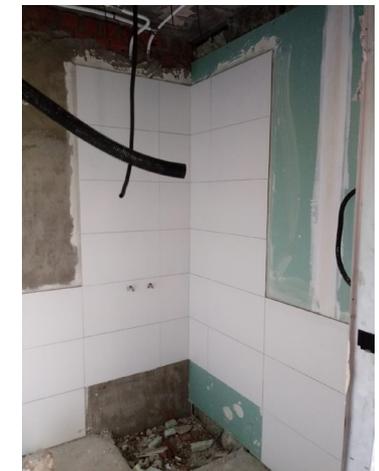
## Sistema acabados: revestimientos interiores



Ejecución falso techo paneles de fibra de madera



Ejecución revestimientos mortero arcilla sobre BTC



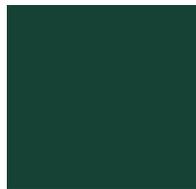
Ejecución alicatado baño



## Sistema acabados: solados exteriores



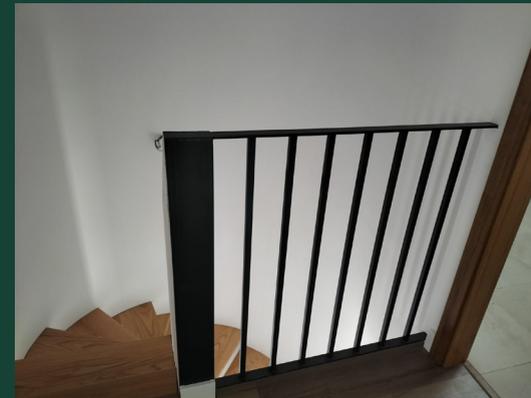
Detalle acceso vivienda



## Sistema acabados: Solados interiores



Pavimento flotante madera laminada



Detalle escalera madera



Pavimento flotante de linóleo- corcho



# Patologías surgidas durante el proceso de construcción

En base a los daños observados por la dirección facultativa, reflejados en el acta de obra del 12 de mayo de 2023, se solicita al arquitecto Julio Jesús Palomino la redacción de un informe sobre daños estructurales. El estudio se centra en las viviendas 2 y 3, construidas con fábrica de BTC, concretamente en los arcos y bóvedas ejecutados. Inicialmente el estudio se iba a centrar en los dos arcos de planta baja localizados en los muros longitudinales de carga de ambas viviendas, pero durante la visita realizada el 19 de junio de 2023, el técnico detecta fisuras en el muro extremo del forjado sanitario de la vivienda 3, por lo que se incluye el análisis de este elemento en el estudio.

Detalle grieta zona central arco salón vivienda 2. Informe sobre daños estructurales redactado por Julio Jesús Palomino



## Patologías estructurales

### Arco salón

De acuerdo con lo recogido en el Informe sobre daños estructurales redactado por el arquitecto Julio Jesús Palomino:

“Los dos arcos de las viviendas 2 y 3 presentan una patología similar. Se han manifestado grietas según esquema adjunto y ambos presentan descensos en la zona de la clave y central y lógicamente por compatibilidad geométrica, aperturas laterales. Las grietas se han manifestado casi inmediatamente después del descimbrado y sin la aplicación de ninguna carga. Se ha podido observar en las fotografías y por el testimonio del constructor y de la propia dirección facultativa la colocación de un puntal en el punto medio durante un periodo limitado que lejos de ayudar a la estabilidad del arco le introduce una carga en sentido contrario al trabajo del arco. El puntal, según testimonio del constructor se retiró en un periodo breve y en ningún



momento se le aplicó tensión contra la fábrica. La entrada en carga por peso propio del arco ha producido un arco de descarga que llega hasta una altura de unos 25 cm por debajo del enrase superior y parece que la rotura está estabilizada. En el otro arco, la patología es similar y se ha producido un desprendimiento de dovelas en el arco inferior, lo que pone de manifiesto que el arco en ese punto no está trabajando y la línea de empujes se ha trasladado hasta acomodar una situación de equilibrio diferente”.



Fisuras y deformaciones arco salón vivienda 2. Informe sobre daños estructurales redactado por Julio Jesús Palomino



Fisuras y deformaciones arco salón vivienda 3. Desprendimiento dovela. Informe sobre daños estructurales redactado por Julio Jesús Palomino



Detalle grietas en zonas izquierda y derecha, y desprendimiento dovela arco salón vivienda 3. Informe sobre daños estructurales redactado por Julio Jesús Palomino



"LA ARQUITECTURA ES UN DEBER CÍVICO QUE SE RELACIONA CON LA HUMANIDAD, UN DEBER SOCIAL QUE AFECTA A LA SOCIEDAD Y UN DEBER ÉTICO , YA QUE REPRESENTA LOS VALORES RELACIONADOS CON LA FORMA EN QUE VIVIMOS"

Mario Botta



## Bóveda forjado sanitario

Según se explica en el Informe sobre daños estructurales redactado por el arquitecto Julio Jesús Palomino

“Se ha detectado la aparición de una fisura vertical en el encuentro del muro transversal frontal y el longitudinal de arranque final de la vivienda 3. Esto puede denotar que la bóveda está trabajando y el empuje horizontal se manifiesta en estas fisuras. No se ha podido comprobar el intradós de la bóveda del forjado sanitario, pero casi con seguridad, en un análisis minucioso se observe la aparición de alguna fisura longitudinal compatible con la aparecida en la unión del muro externo de carga.”



ZONA DE APARICIÓN DE FISURA VERTICAL

Zona de aparición de fisura vertical en muro arranque extremo. Informe sobre daños estructurales redactado por Julio Jesús Palomino

Bóveda forjado sanitario en ejecución. Informe sobre daños estructurales redactado por Julio Jesús Palomino

## Conclusiones

En el Informe sobre daños estructurales se recogen el conjunto de variables que, a juicio del redactor, han provocado las patologías observadas.

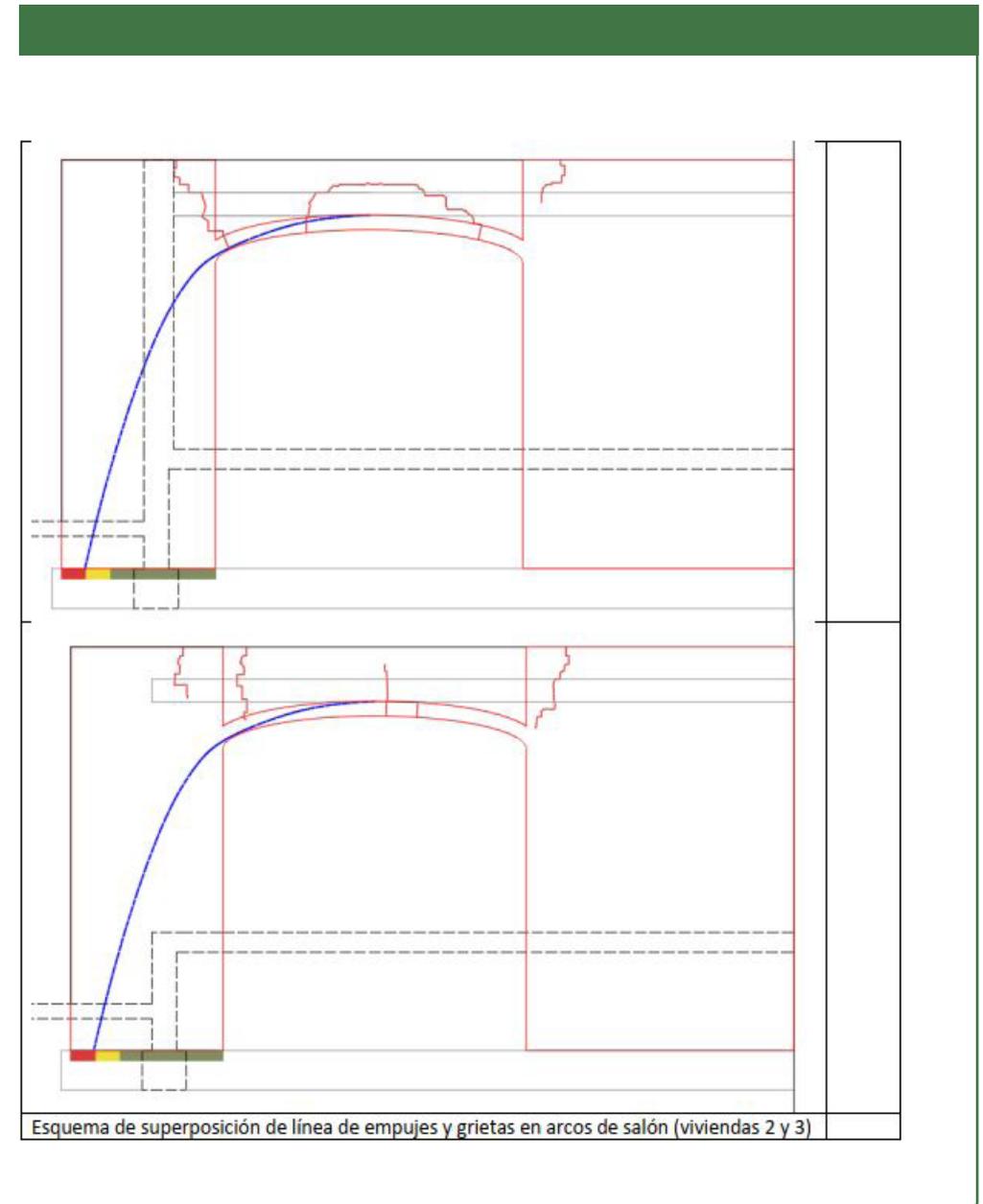
## Arco salón

- El diseño del arco, en su geometría básica de proyecto, responde con bastante fidelidad al utilizado como referencia en la memoria de cálculo. Incluso el ancho de los contrarrestos es mayor. Sin embargo, no se ha tenido en cuenta la diferencia de altura del apoyo de este respecto del suelo de la planta baja.
- No se han tenido en cuenta durante la ejecución, los tirantes que venían reflejados en la memoria para contrarrestar los empujes horizontales durante la ejecución.



- Se ha modificado la sección transversal del arco por encima de las dovelas iniciales, disminuyendo la sección de trabajo del mismo, según esquema incluido con anterioridad.
- Se dejan en todos los futuros enjarjes de muros transversales mecinales de grandes dimensiones que, si bien es difícil cuantificar su efecto, modifica la homogeneidad de la fábrica en el contrarresto.
- El orden de ejecución general de las fábricas no se desarrolla del modo habitual, levantando todo el perímetro de los muros en hiladas consecutivas y realizando las trabas y enjarjes en cada una de las hiladas correspondientes con el fin de elevar toda la fábrica al mismo nivel en cada momento de la construcción, garantizando el trabajo conjunto de todos los muros.
- El arco ha sufrido la acción de un puntal en la clave actuando en sentido contrario. Si bien no es posible cuantificar si se ha producido daño por este hecho, al no poder verificar el estado previo y posterior a la colocación ni el grado de empuje del puntal contra el arco.

Todo esto ha derivado en la aparición de las patologías explicadas. Grandes fisuras en el arco y deformaciones de todo el paño sobre el mismo, indicando que ha entrado en carga y el arco previsto no ha sido capaz de responder a los esfuerzos provocados. El desprendimiento de la dovela en el arco de la vivienda 3 es la prueba de que el arco ha dejado de responder y el equilibrio del conjunto se ha conseguido a través del acomodo del resto del paño. Además, el análisis revela el estado crítico de la estructura al estar ahora mismo sometido solamente a la acción de su propio peso por lo que es previsible que cualquier pequeña variación del estado de cargas actual provoque el colapso del arco.



Esquema de superposición de línea de empujes y grietas en arcos de salón.  
Informe sobre daños estructurales redactado por Julio Jesús Palomino

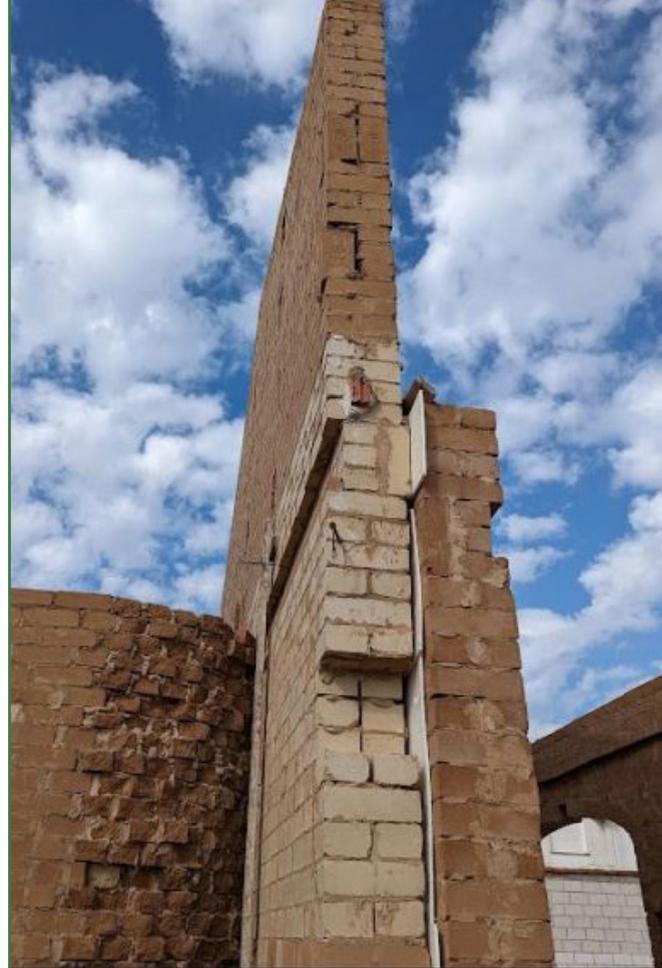


## Bóveda forjado sanitario

- El diseño de las bóvedas responde a proyecto en su geometría básica
- El diseño de proyecto y la ejecución real no responden a la dimensión referida en el modelo de la memoria de cálculo.
- Se han ejecutado unos muros de arranque de 1 ½ pie de espesor (35cm) frente a los 60 cm requeridos por el cálculo.
- No se han utilizado tirantes ni elementos de contrarresto adicional de esfuerzos horizontales durante la construcción.

La aparición de esta fisura vertical en el muro final de arranque en un estado tan inicial de la construcción y a la vista del análisis del cálculo indica que, si se continúa la construcción y van entrando en acción las cargas previstas, no se pueda garantizar la estabilidad con la geometría actual.

Muro de planta primera aislado sin arriostramiento. Ejecutado previo al forjado de planta 1ª y muros arriostramiento. Informe sobre daños estructurales redactado por Julio Jesús Palomino



## Recomendaciones

A continuación, se enumeran las recomendaciones establecidas en el informe, orientadas a intentar aprovechar en lo posible la obra existente ejecutada sin comprometer la seguridad:

- Se recomienda la demolición de los dos arcos del salón para volver a levantarlos en las condiciones que se determinen y que respondan a todas las sollicitaciones.
- Se debería revisar la concepción estructural completa de elementos abovedados, arcos, contrarrestos y cargaderos con el fin de ajustar su geometría a las demandas estructurales.
- Se recomienda que la respuesta de los elementos de fábrica se fíe si es posible solo a su geometría, dejando los elementos auxiliares como los tirantes, a un uso solamente en casos muy particulares y dónde la geometría no pueda resolver las sollicitaciones. Si bien estos elementos pueden utilizarse durante la ejecución de modo temporal y quedarse en las fábricas como un elemento añadido de seguridad. Por tanto, debería revisarse especialmente la dimensión de los contrarrestos de las bóvedas transversales de la vivienda 3 y vigilar la aparición de fisuras o movimientos en la vivienda 2 al ser ambas viviendas independientes estructuralmente, ya que ésta puede inducir, si la deformación alcanza ciertos límites, esfuerzos por contacto de las fábricas. También la geometría del arco del salón de modo que se minimicen los esfuerzos horizontales que haga innecesario el atirantado.
- Se recomienda que la ejecución de las fábricas se lleve elevándolas de modo uniforme en hiladas consecutivas sin dejar paños aislados elevados sobre el conjunto
- Se hace hincapié en el especial cuidado en la resolución de ciertos elementos que por su dimensión parecerían poco



importantes, pero que una mala resolución provoca patologías de difícil solución. Esto es especialmente importante en el apoyo de cargaderos, descanso de escaleras o cambios en la dirección de las bóvedas (Zona de llegada de escalera a planta 1ª)

- Las bóvedas para su ejecución no precisan de rozas en los muros, tan solo un elemento, temporal o definitivo de apoyo constructivo, no estructural. Por tanto, cualquier elemento temporal sirve y si se decide realizar de fábrica es preferible aumentar la sección del apoyo con pechinas, cornisas, pequeños elementos salientes, etc. a la realización de rozas o vaciados.

- Por último, respecto a la ejecución de la fábrica hacer una puntualización acerca del cuidado en los aparejos, en el correcto asentado de las piezas, en la adecuada consistencia de los morteros, que permita el llenado completo de las juntas. También la humectación de las piezas que permitan un adecuado fraguado del mortero hasta el secado homogéneo con la pieza de BTC.

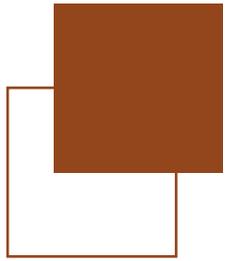
Vista de rebaje para espera de bóveda de planta primera. Informe sobre daños estructurales redactado por Julio Jesús Palomino



# Cambios de proyecto realizados durante el proceso de ejecución de obra

Ante las recomendaciones recogidas en el apartado anterior, se decide cambiar el sistema constructivo propuesto para el forjado de planta primera de la vivienda 3 a base de bóvedas con costillas a forjado de madera. Se decide también disminuir la luz a salvar por los arcos y colocar dinteles de madera en vez de BTC en algunos huecos.





Disminución luz del arco en vivienda 2

Sustitución de dintel en vivienda 2

Disminución luz del arco en vivienda 3

Forjado planta madera planta primera vivienda 3



Se procede también al refuerzo del muro de arranque de la bóveda del forjado sanitario.

Refuerzo murete arranque bóveda forjado sanitario en vivienda 3



# Estado final



# Monitorización y análisis de datos

Con objeto de dar cumplimiento a los requerimientos contemplados en el Proyecto, se decide instalar un sistema de monitorización basado en tres sensores ambientales, uno por cada vivienda y tres medidores de consumo eléctrico.

Los sensores seleccionados utilizan el protocolo LORAWan. Las señales de los sensores las recibe un router o Gateway y las envía a un servidor externo. Como las viviendas son pareadas, el router se ubicaría en la vivienda central. Este dispositivo cuenta con una tarjeta SIM para tener acceso a internet.

Se habilitará un servidor en la nube, para poder visualizar mediante Grafana los datos de los medidores, y descargar los datos para su posterior tratamiento.

El sensor ambiental medirá los siguientes parámetros:

- Temperatura
- Humedad
- Presión barométrica
- Iluminación
- Dióxido de carbono CO<sub>2</sub>
- Ozono O<sub>3</sub>
- Formaldehído (HCHO)
- PM<sub>2,5</sub> PM<sub>10</sub>
- TVOC



Imagen sensor ambiental

Para leer los consumos de energía suele usarse un sensor que lee los pulsos del contador eléctrico, cada 1000 pulsos equivalen a 1kw/h.

Imagen medidor consumo eléctrico



## Bibliografía

---

Normas de ordenación subsidiarias de Planeamiento del municipio de Ribera del Fresno, redactadas por D. Carlos Cándido Fraile Casares (29 abril 1993).

Extremadura popular. Casas y pueblos. 2ª Edición. Alberto González Rodríguez. Colección Arte/ arqueología. Diputación de Badajoz.

Proyecto básico y de ejecución de 3 viviendas unifamiliares de protección oficial en Ribera del Fresno (Badajoz). Proyecto LIFE ReNatural NZEB 2020. Redactado por Departamento Técnico de URVIPEXSA: José Timón Tiemblo y M<sup>a</sup> Isabel Tovar Breña.

Informe sobre daños estructurales. 3 viviendas unifamiliares adosadas en C/ Alonso García Bravo. Ribera del Fresno (Badajoz). Redactado por Julio Jesús Palomino Anguí, arquitecto colegiado nº 3006 CO.AC.M.

## Recursos web

---

<https://www.ayuntamiento.es/ribera-del-fresno>

<https://www.cervantesvirtual.com/obra/extremadura-popular-casas-y-pueblos--0/>

## Abreviaturas y acrónimos

---

NZEB: Nearly Zero Energy Building / Edificio de consumo de energía casi nulo

INE: Instituto Nacional de Estadística

BTC: Bloques de tierra comprimido

SATE: Sistema de aislamiento por el exterior

PYL: Placa de yeso laminado

HA: Hormigón Armado

WR: Water resistant

D.F.: Dirección Facultativa

PVC: Policloruro de vinilo





“Cambia antes de que tengas que hacerlo”

*Jack Welch*

# REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DEMOSTRADOR RIBERA DEL FRESNO (BADAJOZ)



Proyecto cofinanciado con la  
Contribución del Programa LIFE  
de la Unión Europea

Project co-funded with the  
contribution of the LIFE Programme  
of the European Union

**JUNTA DE EXTREMADURA**  
Consejería de Infraestructuras, Transporte y Vivienda

