



## PROYECTO FINAL DE GRADO DE INGENIERIA DE EDIFICACION

### SOSTENIBILIDAD DE LA “DOMUS ROMANA”

#### INDICE

<b>1.- INTRODUCCIÓN</b>	<b>7</b>
1.1.- Antecedentes	8
1.2.- Documentación	15
1.3.- Reportaje fotográfico	23
1.4.- Concepto de sostenibilidad	32
1.5.- Objetivos	44
<b>2.- PRESENTACIÓN DEL ELEMENTO ANALIZADO</b>	<b>47</b>
2.1.- Descripción del conjunto	49
2.2.- Vistas generales	50
2.3.- Tipología de las cubiertas	61
2.4.-Distribución de las termas	65
2.5.-Producción, circulación e intensidad del calor	68
<b>3.- Materiales de construcción en época romana</b>	<b>75</b>
3.1.- Mampostería y sillería	77
3.2.- Hormigón romano	82
3.3.- Morteros de cal	86
3.4.- Arcilla cocida	88
3.4.1.- Ladrillos	88
3.4.2.- Piezas especiales	97
3.4.3.- Tejas	99
3.5.- Tierra cruda.	101
3.5.1.- Tapial	101
3.5.2.- Adobe	104
3.6.- Madera	107
<b>4.- ANALISIS DE SOSTENIBILIDAD</b>	<b>109</b>
4.1.- Eco Auditoria	111
<b>5.- CONCLUSIONES</b>	<b>121</b>
<b>6.- BIBLIOGRAFIA</b>	<b>125</b>



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA





## 1.- INTRODUCCIÓN



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA





## 1.- INTRODUCCIÓN.

En este proyecto vamos a trabajar sobre la base de una construcción romana, partiendo de los restos arqueológicos del yacimiento “Horta Vella”, en que se encuentran unas termas y previsiblemente una villa de carácter agrario a la que estuvieran vinculadas. Nos centraremos en la construcción de la fase Alto Imperial (siglos I, II y III d.c.)



Partiendo de este supuesto que reinterpretemos en una base de Autocad 3D, que nos servirá para interpretar sistemas de construcción, tanto de las termas como de la villa, así como los sistemas de calefacción por hipocausto en las termas; analizaremos el coste energético en su construcción y uso.

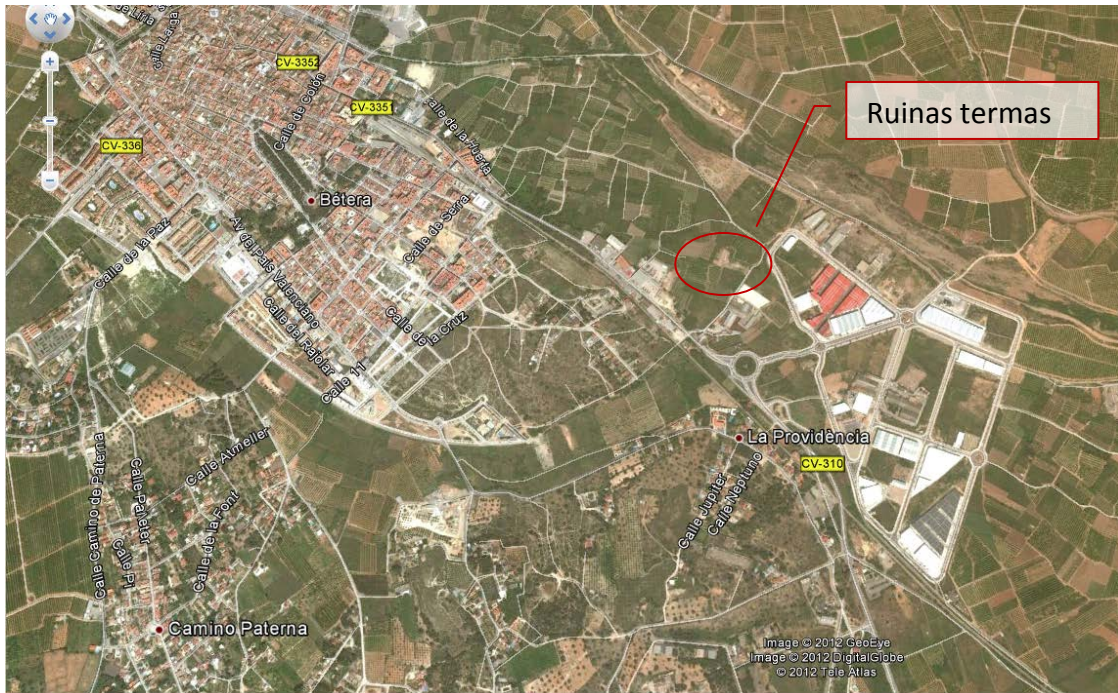
Previamente justificaremos este análisis energético de un edificio del siglo II d.c. al analizar desde un punto de vista actual, la construcción bioclimática, el ahorro energético, el uso de materiales locales, y el respeto de las formas arquitectónicas vernáculas, por su adaptación a las necesidades de sus habitantes a lo largo de siglos.



Analizaremos la impronta de los sistemas y materiales de construcción romanos en las edificaciones de Europa durante 2000 años, puesto que hasta la revolución industrial no se materializan cambios sustanciales en las técnicas y materiales de construcción utilizados.

### 1.1.- ANTECEDENTES

En el mes de Mayo de 2012 realizamos la visita a la excavación arqueológica “Horta Vella” en el término municipal de Bétera, con Javier Orozco (Tutor de PFG, Departamento de Materiales de UPV), José Luis Jiménez (Historiador de Universitat de València), Josep M<sup>a</sup> Burriel (Arqueólogo del Ajuntament de Bétera), situadas a la altura del Km 9 de la CV-310.



Situación de las ruinas de “L’Horta Vella” en Betera.



Planta de la excavació arqueològica



Patrimonio



Bétera (Valencia) [www.elperiodic.com](http://www.elperiodic.com) 13/01/2011

**Se conserva intacta la natatio o piscina exterior, una de las más grandes de Hispania. El buen estado de conservación de su estructura dota a este yacimiento de un alto valor didáctico.**

La directora general de Patrimonio Cultural Valenciano, Paz Olmos, ha visitado el yacimiento de L'Horta Vella, en Bétera, para conocer de primera mano el desarrollo de las campañas de excavación realizadas, así como los proyectos que están en marcha.

Durante la visita, ha estado acompañada por José Manuel Aloy, alcalde de Bétera, así como por Germán Cotanda, teniente de Alcalde, y Elia Verdevió, concejal de Patrimonio, que han recorrido el yacimiento en una visita guiada por el arqueólogo Josep M<sup>o</sup> Burriel, codirector de la excavación junto con José Luis Jiménez, de la Universitat de València.

El yacimiento fue descubierto en 1998 durante el transcurso de unos trabajos de prospección e inventariado de yacimientos arqueológicos e etnológicos en la comarca promovidos por la Dirección General de Patrimonio Cultural Valenciano. Desde 2001 se han realizado campañas anuales de excavación de forma ininterrumpida, que han sido cofinanciadas por la Conselleria de Cultura, a través de la Dirección General de Patrimonio, que ha aportado 97.000 €, y el Ayuntamiento de Bétera.

Paz Olmos ha indicado que "los resultados obtenidos hasta ahora indican que este yacimiento pudo ser una gran villa rústica de carácter agropecuario de las muchas que se fundaron en el siglo I a.C. en el entorno de Valencia. La superficie total que ocupaba la villa está por determinar, pero por los indicios que tenemos podría superar una hectárea, de la que actualmente se han exhumado más de 1000 m<sup>2</sup>".

**Importantes hallazgos**

De los aproximadamente 1.000 m<sup>2</sup> abiertos por los trabajos arqueológicos de la pars urbana de la villa, 900 se corresponden con una espectacular instalación termal que contaba con doble circuito. A pesar de las numerosas reformas habidas en el edificio desde el siglo I en que se construye y las transformaciones del V, es posible identificar las típicas salas de baño: frigidarium, tepidarium, caldarium y sudatio. Pero si el alzado conservado de algunos muros es llamativo, 4,50 metros, lo más espectacular puede ser la gran natatio que se construyó al oeste de los baños. Dicha piscina, de 60 m<sup>2</sup>, es de las más grandes de las documentadas en Hispania.

Además de los citados baños, cabe destacar otros muchos hallazgos, por ejemplo un área cementerial al sur de la natatio que datamos en el siglo IV y que teniendo en cuenta el ritual de enterramiento, podría ser de los primeros cristianos en tierras valencianas. Por último, reseñar que por encima de la necrópolis, a finales del siglo V d.C. se construirá un gran edificio cuya funcionalidad está por determinar (en proceso de excavación) del que sólo se conservan los cimientos y que perdurará en época visigótica. La fase paleo andalusí, la más superficial de toda la secuencia ocupacional, es la que ha dejado menos evidencias, a pesar de todo, se cuenta con un pequeño conjunto de materiales cerámicos.

**Proyectos**

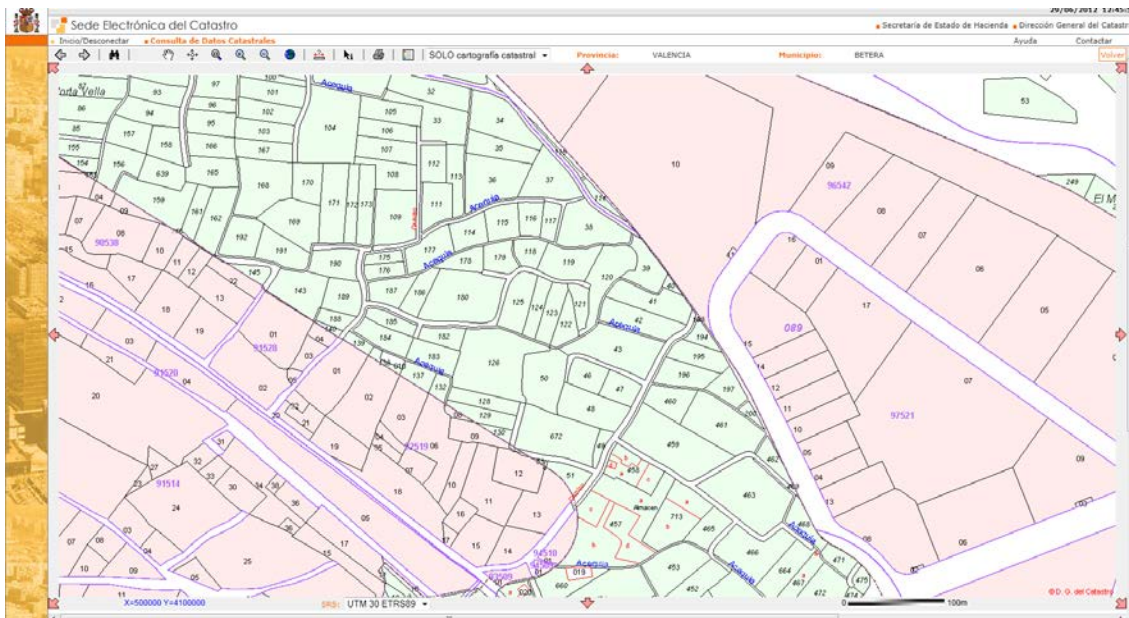
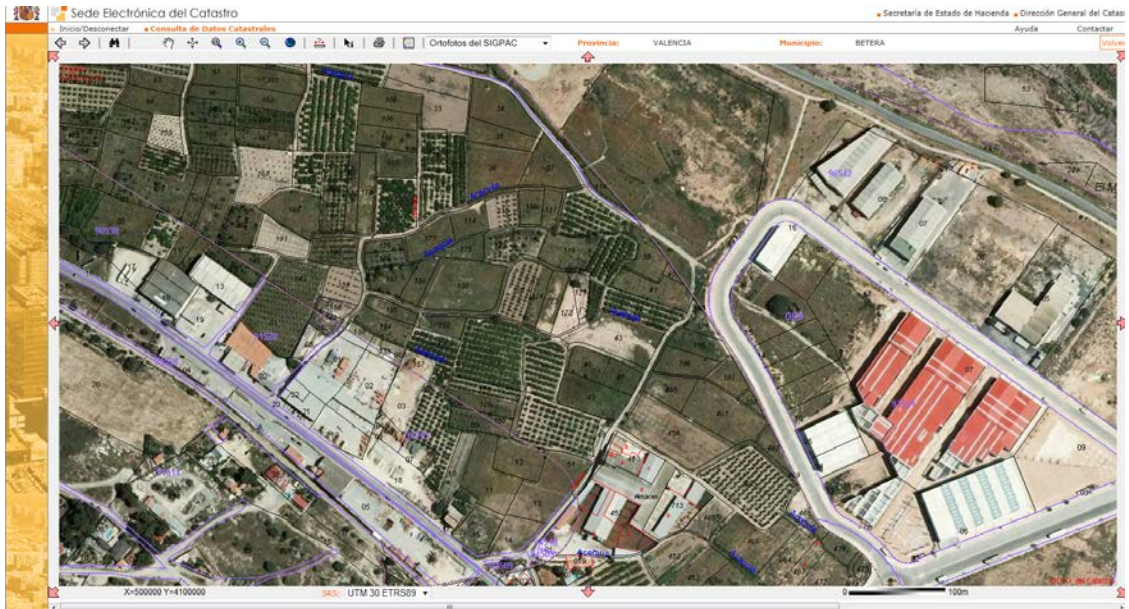
En la actualidad se trabaja en un proyecto de consolidación y musealización parcial del yacimiento en colaboración con el Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio (IRP) de Ciudad Politécnica de la Innovación (UPV) y en el inventario y catalogación de todos los materiales recuperados en los 9 años de intervención, con el objeto de publicar una monografía que permita la difusión científica del yacimiento.

Artículo en prensa digital





## Información Catastral





## Fichas catastrales de las parcelas afectadas por la excavación

<p align="center"><b>CONSULTA DESCRIPTIVA Y GRÁFICA DE DATOS CATASTRALES BIENES INMUEBLES DE NATURALEZA RÚSTICA</b></p> <p align="center">Municipio de <b>BETERA</b> Provincia de <b>VALENCIA</b></p>									
<p align="center"><b>REFERENCIA CATASTRAL DEL INMUEBLE</b> 46072A05600122000KR</p>									
<p><b>DATOS DEL INMUEBLE</b></p> <p>LOCALIZACIÓN: Poligono 56 Parcela 122 HORTA VELLA, BETERA [VALENCIA]</p> <p>USO LOCAL PRINCIPAL: Agrario [Agrios regadio 03]      Año construcción: ---</p> <p>COEFICIENTE DE PARTICIPACIÓN: ---      SUPERFICIE CONSTRUIDA INT: ---</p>									
<p><b>DATOS DE LA FINCA A LA QUE PERTENECE EL INMUEBLE</b></p> <p>SITUACIÓN: Poligono 56 Parcela 122 HORTA VELLA, BETERA [VALENCIA]</p> <p>SUPERFICIE CONSTRUIDA INT: ---      SUPERFICIE SUBS.O INT: 573      TIPO DE FINCA: ---</p>									
<p align="center">Este documento no es una certificación catastral, pero sus datos pueden ser verificados a través del "Acceso a datos catastrales no protegidos" de la SEC.</p>									
<p>719,400 Coordenadas UTM, en metros.</p> <p>--- Límite de Manzana</p> <p>--- Límite de Parcela</p> <p>--- Límite de Construcciones</p> <p>--- Mobiliario y aoeras</p> <p>--- Límite zona verde</p> <p>--- Hidrografía</p>					<p align="right">Viernes , 29 de Junio de 2012</p>				

<p align="center"><b>CONSULTA DESCRIPTIVA Y GRÁFICA DE DATOS CATASTRALES BIENES INMUEBLES DE NATURALEZA RÚSTICA</b></p> <p align="center">Municipio de <b>BETERA</b> Provincia de <b>VALENCIA</b></p>									
<p align="center"><b>REFERENCIA CATASTRAL DEL INMUEBLE</b> 46072A05600121000KK</p>									
<p><b>DATOS DEL INMUEBLE</b></p> <p>LOCALIZACIÓN: Poligono 56 Parcela 121 HORTA VELLA, BETERA [VALENCIA]</p> <p>USO LOCAL PRINCIPAL: Agrario [Agrios regadio 03]      Año construcción: ---</p> <p>COEFICIENTE DE PARTICIPACIÓN: ---      SUPERFICIE CONSTRUIDA INT: ---</p>									
<p><b>DATOS DE LA FINCA A LA QUE PERTENECE EL INMUEBLE</b></p> <p>SITUACIÓN: Poligono 56 Parcela 121 HORTA VELLA, BETERA [VALENCIA]</p> <p>SUPERFICIE CONSTRUIDA INT: ---      SUPERFICIE SUBS.O INT: 441      TIPO DE FINCA: ---</p>									
<p align="center">Este documento no es una certificación catastral, pero sus datos pueden ser verificados a través del "Acceso a datos catastrales no protegidos" de la SEC.</p>									
<p>719,400 Coordenadas UTM, en metros.</p> <p>--- Límite de Manzana</p> <p>--- Límite de Parcela</p> <p>--- Límite de Construcciones</p> <p>--- Mobiliario y aoeras</p> <p>--- Límite zona verde</p> <p>--- Hidrografía</p>					<p align="right">Viernes , 29 de Junio de 2012</p>				



## Documentación del Catálogo de Bienes y Espacios Protegidos del Ayto. de Bétara

ILMO AYUNTAMIENTO DE BÉTERA  
CATÁLOGO DE BIENES Y ESPACIOS PROTEGIDOS / PLAN GENERAL DE ORDENACIÓN URBANA

56.3 de la Ley 4/98), y los Bienes declarados de Interés Cultural Valenciano (artículo 34.5 Ley 4/98).

A su vez, el artículo 15. de la Ley 4/98 determina que tanto los Bienes de Interés Cultural, como los Bienes inmuebles de relevancia local, se incluirán en el "Inventario General del Patrimonio Cultural Valenciano", adscrito a la Consejería de Cultura, Educación y Ciencia.

Finalmente, conviene advertir, por las consecuencias que ello tiene sobre el aprovechamiento de los terrenos, que de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 20 de la misma Ley, los edificios incluidos en el Inventario General del Patrimonio Cultural Valenciano no podrá derribarse, total o parcialmente, mientras esté en vigor su inscripción en el Inventario.

3.- VALORES, ARTÍSTICOS, ARQUITECTÓNICOS, ARQUEOLÓGICOS, PALEONTOLÓGICOS Y ETNOLÓGICOS DEL MUNICIPIO

Los yacimientos arqueológicos de los que se tiene noticia en el término municipal, son los siguientes:

- 1.- Yacimiento de L'Horta Vella (Romano)
- 2.- Yacimiento de L'Alqueria de Bofilla (Arabe)
- 3.- Yacimiento de L'Alqueria de Betera (Arabe)
- 4.- Yacimiento del Tor Pelat (Iberico)
- 5.- Acueducto del Mas de Baró (Romano)

Los edificios del municipio que indudablemente destacan por su singularidad artística y tipológica con respecto al resto del patrimonio edificado, son los siguientes, a saber:

- 1.- El Conjunto formado por la Ermita de la Divina Pastora, el Calvario y Pantecón de dos Aguas, cuyo trazado y elementos básicos proceden también de los siglos XVIII y XIX, y con expediente incoado de declaración de Conjunto de Interés Histórico Artístico de carácter Local en Noviembre de 1.982.
- 2.- El Castillo, de origen medieval, recientemente restaurado, y también con expediente incoado de declaración de Conjunto de Interés Histórico Artístico de carácter Local en Junio de 1.982.

3

ILMO AYUNTAMIENTO DE BÉTERA  
CATÁLOGO DE BIENES Y ESPACIOS PROTEGIDOS / PLAN GENERAL DE ORDENACIÓN URBANA

4.- JUSTIFICACIÓN DE LA CATALOGACIÓN Y DE LAS MEDIDAS Y GRADOS DE PROTECCIÓN QUE SE DISPONEN.

4.1 BIENES DE RELEVANCIA LOCAL

Considerados los preceptos legales expuestos, habrán de catalogarse de manera inmediata como Bienes de Relevancia Local los siguientes yacimientos arqueológicos, a saber:

- 1 Yacimiento de L'Horta Vella (Romano)
- 2 Yacimiento de L'Alqueria de Bofilla (Arabe)
- Yacimiento de L'Alqueria de Betera (Arabe)
- Yacimiento del Tor Pelat (Iberico)
- Acueducto del Mas de Baró (Romano)

Atendiendo, por otro lado, según cada caso, a su singularidad tipológica, su interés arquitectónico o etnológico, su significación histórica, o su escasez en el territorio regional, han de incorporarse también a dicha condición de relevancia local, los siguientes edificios y construcciones:

- La Iglesia de Nuestra Señora de los Desamparados.
- La Iglesia de la Purísima Concepción.
- La torre del poblado medieval de Bofilla.
- El Ayuntamiento Viejo
- El Calvario
- La Ermita de La Divina Pastora
- El Pantecón de Dos Aguas
- El Mas de La Barraca
- El Mas del Carmen
- El Mas D'Aguirre

- Aljub de Les Llomes
- Aljub del Barranc del Sirer
- Aljub de Sant Isidre del Bruçar
- Aljub de la Sagra Família (La Conarda)
- Aljub de la Jonquera.

- Catastrero del Raó dels Conills
- Catastrero del Perigall (Periquillo)
- Catastrero del Foligón 74
- Catastrero del Cam de Miris
- Catastrero de La Conarda
- Catastrero del Manisero
- Catastrero del Barranc de L'Hostolá
- Catastrero de la Providencia
- Catastrero del Carnasol

- 4 Panel en C/. Salvador Giner, 40

6

ILMO AYUNTAMIENTO DE BÉTERA  
CATÁLOGO DE BIENES Y ESPACIOS PROTEGIDOS / PLAN GENERAL DE ORDENACIÓN URBANA

clarados en el municipio conforme a la legislación sectorial en materia de patrimonio cultural, a saber:

- 1.- El Castillo de Bétara.
- 2.- El Conjunto formado por la Ermita de la Divina Pastora, el Calvario y Pantecón de dos Aguas.
- 3.- Fortificación Torre Bofilla.

Artículo 3. Bienes de Relevancia Local.

1.- Conforme a lo dispuesto en el artículo 46.3 de la Ley 4/98, en el municipio de Bétara, los Bienes Inmuebles que se califican como de "Relevancia Local" atendiendo a que, aun no poseyendo la singularidad precisa para ser declarados Bienes de Interés cultural, no obstante tienen significación propia como bienes de carácter histórico, artístico, arquitectónico arqueológico, paleontológico, o etnológico, son los siguientes, a saber:

- 1.- Yacimiento de L'Horta Vella (Romano)
- 2.- Yacimiento de L'Alqueria de Bofilla (Arabe) y La torre del poblado medieval.
- 3.- Yacimiento de L'Alqueria de Betera (Arabe)
- 4.- Yacimiento del Tor Pelat (Iberico)
- 5.- Acueducto del Mas de Baró (Romano)

Atendiendo, por otro lado, según cada caso, a su singularidad tipológica, su interés arquitectónico o etnológico, su significación histórica, o su escasez en el territorio regional, han de incorporarse también a dicha condición de relevancia local, los siguientes edificios y construcciones:

- 6.- La Iglesia de Nuestra Señora de los Desamparados.
- 7.- La Iglesia de la Purísima Concepción.
- 8.- El Ayuntamiento Viejo
- 9.- El Mas de La Barraca
- 10.- El mas del Carmen
- 11.- El Mas D'Aguirre
- 12.- Aljub de Les Llomes
- 13.- Aljub del Barranc del Sirer
- 14.- Aljub de Sant Isidre del Bruçar
- 15.- Aljub de la Sagra Família (La Conarda)
- 16.- Aljub de la Jonquera.

11

ILMO AYUNTAMIENTO DE BÉTERA  
PLAN GENERAL DE ORDENACIÓN URBANA / CATÁLOGO DE BIENES Y ESPACIOS PROTEGIDOS

FICHA DE ELEMENTO CATALOGADO

DATOS DE IDENTIFICACIÓN DEL INMUEBLE		
DESIGNACIÓN	BT-10	Yacimiento Arqueológico de L'Horta Vella
EMPLAZAMIENTO	Cami de la Torre. Foligón 56, PAI c/da 101	
CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS	Mampostería y hormigón antiguo	
ESTADO DE CONSERVACION	Restos arqueológicos de origen romano.	
PRESCRIPCIONES DE MEJORA	mano.	
GRADO DE PROTECCIÓN	Bien de relevancia local	
USO ACTUAL	Protección Integral	
USOS PREVIENSTOS	Cultivos	
USOS PROHIBIDOS	-	
DESTINO (Público/Privado)	Público	
OBSERVACIONES		
Se recomienda la adquisición de los terrenos por la Administración. No obstante, pueden estar afectados por el Proyecto de variante de la Carretera de Burjassot promovido por la Diputación Provincial.		

3



**ILMO. AYUNTAMIENTO DE BÉTERA**

PLAN GENERAL DE ORDENACIÓN URBANA. CATALOGO  
DE BIENES Y ESPACIOS PROTEGIDOS. Art. 12 F de la LEY 6/94

VILLA ROMANA DE L'HORTA VELLA  
(Poligono 56, Parcela 121) Catastral 1990



**ILMO. AYUNTAMIENTO DE BÉTERA**

PLAN GENERAL DE ORDENACIÓN URBANA. CATALOGO  
DE BIENES Y ESPACIOS PROTEGIDOS. Art. 12 F de la LEY 6/94

VILLA ROMANA DE L'HORTA VELLA  
(Poligono 56, Parcela 121) Catastral 1990



**ILMO. AYUNTAMIENTO DE BÉTERA**

PLAN GENERAL DE ORDENACIÓN URBANA. CATALOGO  
DE BIENES Y ESPACIOS PROTEGIDOS. Art. 12 F de la LEY 6/94

VILLA ROMANA DE L'HORTA VELLA  
(Poligono 56, parcela 121) Catastral 1990



**ILMO. AYUNTAMIENTO DE BÉTERA**

PLAN GENERAL DE ORDENACIÓN URBANA. CATALOGO  
DE BIENES Y ESPACIOS PROTEGIDOS. Art. 12 F de la LEY 6/94

VILLA ROMANA DE L'HORTA VELLA  
(poligono 56, parcela 121) Catastral 1990



**ILMO. AYUNTAMIENTO DE BÉTERA**

PLAN GENERAL DE ORDENACIÓN URBANA. CATALOGO  
DE BIENES Y ESPACIOS PROTEGIDOS. Art. 12 F de la LEY 6/94

VILLA ROMANA DE L'HORTA VELLA  
(Poligono 56, parcela 121) Catastral 1990





## 1.2.- DOCUMENTACIÓN

### Artículo sobre las primeras fases de la excavación

JOSÉ LUÍS JIMÉNEZ SALVADOR, JOSEP M<sup>o</sup> BURRIEL ALBERICH

## L'HORTA VELLA (BÉTERA, VALENCIA)

### LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y ENTORNO ARQUEOLÓGICO

El yacimiento de L'Horta Vella se localiza en la partida homónima del término municipal de Bétera, al sudeste del casco urbano. Se trata de una zona en la que predomina la abundancia de agua y las fértiles tierras, factores que, unidos a su posición macrogeográfica (a medio camino del trayecto entre *Saguntum* y *Edeta-Llíria* y al Norte del *territorium* de *Valentia*), hacen del lugar un enclave idóneo para el control y explotación de dicho territorio en todas las épocas. En cuanto al entorno arqueológico, la comarca natural donde se inserta *l'Horta Vella*, en época romana altoimperial, aparece densamente ocupada, a juzgar por los numerosos restos asociados a *villae* rústicas, que sólo ahora empiezan a ser objeto de estudio.

### PRINCIPALES RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN ARQUEOLÓGICA EN CURSO

Hasta el presente, se han llevado a cabo siete campañas de excavación (2001-2007), que han proporcionado una interesante secuencia de ocupación. Ésta cubre un amplio marco cronológico dividido en cuatro fases consecutivas: Imperial (siglos I-II-IV); Tardoantigua I (mediados del siglo V); Tardoantigua II (final del siglo V/inicio del s. VI hasta siglo VIII); Islámica antigua (Siglos IX-X).

### FASE IMPERIAL, SIGLOS I/II-IV

La presencia de cerámicas ibéricas de los siglos II-I aC apuntan la posible existencia de un asentamiento iberorro-

mano sin que por el momento haya proporcionado estructuras, de ahí que la primera de las cuatro fases documentadas sea la Imperial, subdividida, al menos, en dos subfases (altoimperial y bajoimperial).

### ALTO IMPERIAL I/II-III

Esta fase se inicia a finales del siglo I o principios del II para finalizar a mediados del siglo III. A este momento pertenece gran parte de las estructuras conservadas: más de 11 habitaciones de diferentes dimensiones y funcionalidad. Varias de éstas formaron parte de una típica instalación termal que se sitúa en el extremo E de la intervención. En cuanto a su disposición, los espacios documentados, de norte a sur son: en primer lugar, una habitación aproximadamente rectangular que hemos identificado con unas letrinas. Al sur de éstas, se localiza el *apodyterium*, apenas conservado, que daba paso al *frigidarium* del que se ha descubierto la piscina de más de 6 m<sup>2</sup> de superficie. Al sur de la estancia fría se sitúa el *tepidarium*. A destacar que el muro que separa ambas estancias conserva una altura de 4,5 m que incluye el arranque de las bóvedas que las cubrían. En el muro que cerraba el *tepidarium* por el sur se halla el vano de comunicación con el *caldarium*, que ofrece un peor estado de conservación. En su extremo oriental se descubrieron en 2002 los restos de un *praefurnium*. A estas dos últimas dependencias se suman por el oeste otras tantas habitaciones caldeadas provistas de *hypocausta* y una gran *natatio* separada de los baños calientes por un largo y estrecho pasillo. La piscina ocupa más de 60 m<sup>2</sup> de superficie y se conserva en perfecto estado. El conjunto de la instalación balnearia denota una complejidad mayor que la del simple esquema lineal (Fig. 1).



JOSÉ LUÍS JIMÉNEZ SALVADOR, JOSEP M<sup>o</sup> BURRIEL ALBERICH

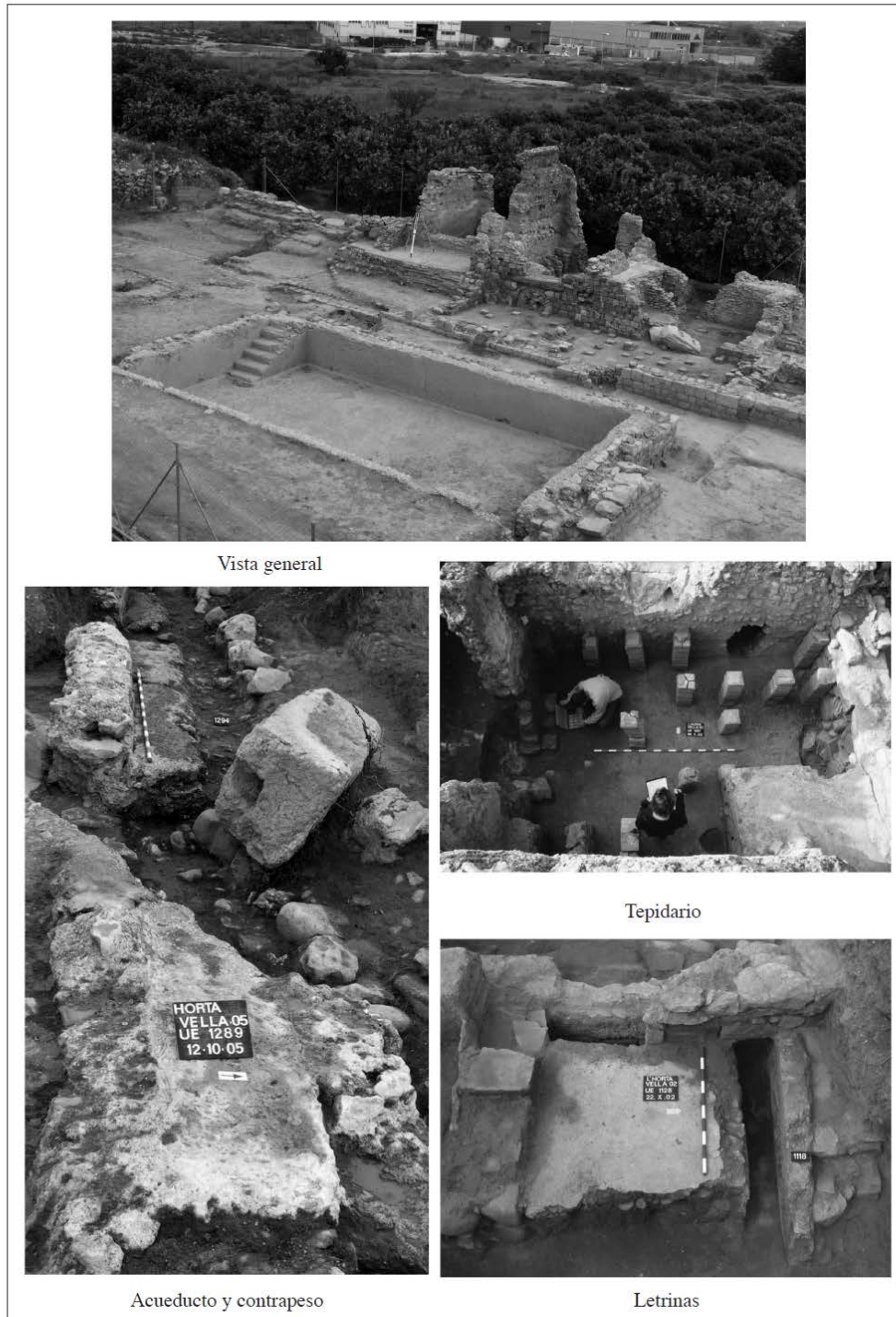


Fig. 1. L'Horta Vella.



#### L'HORTA VELLA (BÉTERA, VALENCIA)

Durante la época severiana se acometieron diversas reformas, destacando la anulación y posterior transformación de la boca de uno de los antiguos *praeurnia* en un ábside semicircular.

A mediados del siglo IV, en plena época constantiniana, el establecimiento parece entrar en un proceso de transformación. Todos los indicios señalan que los baños han reducido su superficie útil y la *natatio* no parece mantener su uso original. Son colmatadas algunas dependencias situadas al sur de la mencionada piscina y surge entonces un área cementerial (en proceso de excavación y estudio) que llega a ocupar parte de las instalaciones termales, concretamente un ábside semicircular construido a principios del siglo anterior sobre un antiguo *praeurnium*.

#### LA NECRÓPOLIS BAJO IMPERIAL

Las tumbas documentadas hasta la fecha (2007) son 4: tres de éstas están excavadas sobre estratos de colmatación (datados provisionalmente en el s. IV) y la cuarta aprovecha como tumba el espacio absidal del antiguo caldario. Todos los enterramientos se orientan E-O y todo parece indicar que se trata de los primeros cristianos que habitaron la comarca en un ámbito no urbano. La mejor conservada ha permitido comprobar cómo utilizaron cubiertas de tejas a dos aguas (Fig. 2).

#### FASE TARDOANTIGUA I, MEDIADOS DEL S. V

En esta nueva fase constructiva se produce una transformación muy importante de los baños. Por una parte, la amortización de las letrinas y *apodyterium*, siendo cegado el acceso al *frigidarium* por un grueso muro de mampostería. Se ha constatado en esta zona la presencia de varias fosas-vertedero. La piscina de la estancia fría se anula y se eleva el piso mediante un potente relleno que ha podido datarse a mediados del siglo V, mientras que el *tepidarium* pasa a desempeñar una función de almacén. Por lo que se refiere al antiguo *caldarium*, éste fue objeto de una profunda transformación, pasando a funcionar como un posible *torculum*. Esta operación implicó la destrucción de las instalaciones asociadas con la fase termal. De esta nueva instalación, que debió construirse en la segunda mitad del siglo V, tan sólo ha quedado *in situ* un profundo depósito rectangular donde se decantaba el aceite prensado. Otros elementos muebles relacionados con la actividad son varios bloques de piedra que sirvieron para sujetar y mover el *prelum*. Las afecciones contemporáneas (transformaciones agrícolas del siglo XIX-XX) desgraciadamente destruyeron

4/5 partes del *torcularium* dificultando en gran medida su datación directa.

#### LOS SILOS

Hasta la fecha se han documentado un total de 8 silos, datados provisionalmente entre los siglos V y VI, 7 de ellos localizados en el espacio que posteriormente ocupará un edificio visigodo y otro, ligeramente más grande 16 m al norte. Se trata de silos de planta circular y forma acampanada. El estado de conservación es deficiente ya que únicamente conservan el tercio inferior puesto que se vieron afectados por la superposición de otros niveles de ocupación. Conservan un diámetro que oscila entre 1,50 m y 1,16 m, y una profundidad máxima de 1,24 m. Cabe destacar que estos silos fueron excavados sobre un relleno de escombros que fue vertido con el objetivo de elevar el nivel de tránsito (Fig. 2).

#### FASE TARDOANTIGUA II, FINALES DEL SIGLO V-INICIOS DEL S. VI HASTA MEDIADOS DEL SIGLO VIII

Esta tercera fase está definida por la transformación del antiguo establecimiento en una granja visigoda. En la zona exterior, la no ocupada, que coincide con la zona donde estuvieron las letrinas y el *apodyterium*, se sigue produciendo vertidos y son excavadas fosas-basurero. Ya en el interior de la granja, el espacio que ocupaba el antiguo *frigidarium* y su piscina son elevados al mismo nivel y comunicados a través de un vano que mantiene aislado el espacio de 6 m<sup>2</sup> de la antigua piscina. En cambio, se anula el acceso al antiguo *tepidarium* transformado en almacén. Respecto del *torcularium* tardorromano, es presumible que mantuviera su función.

La antigua *natatio*, que había sido colmatada a mediados del siglo V, durante muchos años funcionará como un vertedero del cual se ha recuperado una ingente cantidad de fauna, tanto doméstica como salvaje, además de cerámica. Algunos de los ejemplares presentan defecto de cocción, lo que nos hace pensar en una actividad artesanal, concretamente alfarera. En última instancia, el vertedero será sellado pasando a ser un espacio de tránsito sobre el que se construye un cimientado de mampostería.

#### EL EDIFICIO VISIGODO

En el sector sur también se observan grandes y significativos cambios. El área cementerial del bajo imperio es amortizada y cubierta por un gran edificio cuya planta esta en



JOSÉ LUÍS JIMÉNEZ SALVADOR, JOSEP M<sup>o</sup> BURRIEL ALBERICH



Enterramiento bajo imperial (s. IV)



Silos tardorromanos (s. V-VI)



Torculum



Edificio visigodo (s. VI) desde el E.



Edificio visigodo (s. VI)  
desde el Oeste

Fig. 2. L'Horta Vella.





#### L'HORTA VELLA (BÉTERA, VALENCIA)

proceso de excavación (Fig. 2). Se trata (hasta la fecha) de una construcción formada por una nave alargada (20 m) y estrecha (5 m) orientada E-O. En su extremo E, se le adosan dos grandes habitaciones rectangulares separadas por un muro flanqueado por dos umbrales que las comunican con la nave principal. En el extremo oeste se ha localizado un muro de cierre y se ha podido comprobar cómo por el lateral norte se abre otra nave formando ambas un ángulo de 90°. A expensas de lo que depara el desarrollo de la investigación sobre este edificio, se plantea un posible uso agrícola. Como dato interesante, apuntar la afección de varios enterramientos bajo imperiales (s. IV a.C.).

#### CONCLUSIÓN

Se confirma el papel importante de L'Horta Vella como referencia para documentar la explotación, en época romana, del territorio situado en el centro del triángulo formado por las ciudades de *Valentia*, *Saguntum* y *Edeta*, así como los profundos cambios que se registraron durante el período que siguió a la caída del Imperio Romano y hasta la ocupación árabe de la Península Ibérica.

Por lo que se refiere al poblamiento tardorromano y visigodo de la zona, L'Horta Vella es uno de los escasos yacimientos no urbanos en los que se ha documentado una ocupación de carácter agropecuario. La razón de su continuidad pudo deberse al mantenimiento de la posición estratégica que ya gozaba desde época altoimperial. Cabe

suponer que, como sucedía en época imperial, L'Horta Vella de Bétera, estuvo vinculada en época visigoda a la sede episcopal valentina.

JOSÉ LUÍS JIMÉNEZ SALVADOR  
Universitat de València

JOSEP M<sup>º</sup> BURRIEL ALBERICH  
Ajuntament de Bétera

#### BIBLIOGRAFÍA

- JIMÉNEZ, J. L.; BURRIEL, J. M<sup>º</sup>; SERRANO, M.; SALAVERT, J. V. y ROSSELLÓ, M. (2005): L'Horta Vella (Bétera, Valencia). De vil·la altimperial a establiment rural visigòtic. En J. M<sup>º</sup> GURT y A. RIBERA (eds.), *VI Reunió d'Arqueologia Cristiana Hispànica*, Valencia, 2003. Barcelona, 305-315.
- JIMÉNEZ, J. L.; BURRIEL, J. M<sup>º</sup>; ROSSELLÓ, M.; SERRANO, M. y SALAVERT, J. V. (2008): La fase tardorromana de l'Horta Vella (Bétera, Valencia). En C. FERNÁNDEZ OCHOA y V. GARCÍA ENTERO y F. GIL SENDINO (eds.), *Las villae tardorromanas en el Occidente del Imperio. Arquitectura y función*. IV Coloquio Internacional de Arqueología, Gijón (2006), Gijón, 629-638.
- JIMÉNEZ, J. L.; BURRIEL, J. M<sup>º</sup>; ORTEGA, M<sup>º</sup> J.; ROSSELLÓ, M. y RUIZ, L. (en prensa): L'Horta Vella (Bétera, Valencia), *Simposi Les vil·les romanes a la Tarraconense. Implantació, evolució i transformació* (Lleida, 2007).



## Artículo sobre la última fase de la excavación.

JOSÉ LUIS JIMÉNEZ SALVADOR, JOSEP M<sup>a</sup> BURRIEL ALBERICH

# VIII CAMPAÑA DE EXCAVACIONES ARQUEOLÓGICAS EN L'HORTA VELLA (BÉTERA, VALENCIA)

### INTRODUCCIÓN

La VIII campaña de intervención arqueológica en el yacimiento de L'Horta Vella (Bétera, Valencia) se ha desarrollado entre el 5 de septiembre y el 4 de octubre de 2008, sufragada por el Ayuntamiento de Bétera y la Conselleria de Cultura y Deporte de la Generalitat Valenciana, acogiéndose a la Orden de ayudas de 10 de marzo de 2008, de la Conselleria de Cultura y Deporte (DOCV nº 4741, de 14 de abril de 2008) para la realización de actuaciones arqueológicas y paleontológicas en la Comunidad Valenciana. Los trabajos se centraron en el sector sur de la parcela municipal que a lo largo de las siete campañas precedentes ha venido proporcionando un interesante conjunto de estructuras que reflejan una amplia secuencia cronológica (Jiménez, Burriel, 2007) y más en concreto, en el espacio comprendido entre el límite meridional de la *natatio* que formaba parte del *balneum* de época imperial romana y el edificio de época visigoda construido sobre estructuras anteriores de época bajoimperial y tardoantigua.

### DESCRIPCIÓN DE LOS HALLAZGOS MÁS RELEVANTES

Por lo que se refiere a la fase imperial, el primer elemento a destacar consistió en un cimiento al sur de la *natatio*, orientado Norte-Sur, y coetáneo con la edificación de las termas. Este cimiento se prolonga hacia el sur por debajo del edificio de época visigoda, lo que representa un nuevo indicio de la notable complejidad que ofrecía la disposición espacial de los baños, más allá del simple esquema lineal que podía deducirse a la vista de los resultados de las primeras

campañas arqueológicas. Otra aportación interesante la constituyó la continuación del canal de desagüe de la antigua *natatio*, cuya exhumación se había iniciado en la campaña precedente con unos 6 m de longitud y que discurre bajo el edificio visigodo en dirección sureste, con una bifurcación hacia el oeste. Estos elementos denotan el elevado nivel técnico que poseía el sistema de evacuación de aguas residuales. Por otra parte, se confirma la importancia revestida por las reformas fechadas a lo largo del siglo III y que también se perciben en este espacio comprendido al sur de la antigua *natatio*.

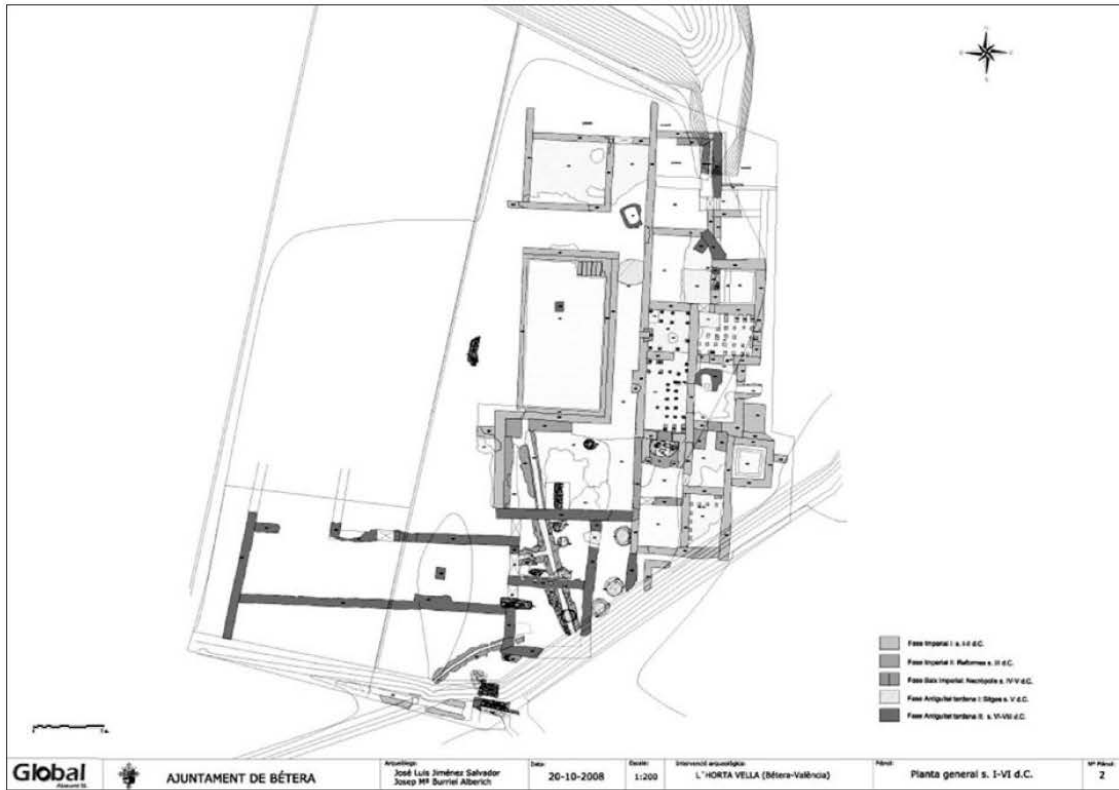
Por lo que respecta a la fase bajoimperial, ha podido documentarse un nuevo enterramiento fechado de manera provisional entre las postrimerías del siglo III y la primera mitad del IV, y muy próximo al excavado en la campaña anterior. Los restos muy mal conservados corresponden a un individuo infantil (2-3 años), depositado en *decubito supino* en una fosa simple orientada E-O, que parece seguir el ritual cristiano, semejante al de los restantes enterramientos documentados en campañas precedentes. En relación con la fase tardoantigua I, hay que destacar la recuperación de dos nuevos silos que se suman a los ocho constatados en la campaña de 2007 y localizados al NO del edificio visigodo con una datación provisional en los siglos V-VI.

### VALORACIÓN DE LOS RESULTADOS

La VIII campaña arqueológica ha aportado nuevas evidencias que refuerzan la importancia histórica de L'Horta Vella. Destacan las relacionadas con las reformas acaecidas en el s. III d.C. que implicaron una reducción espacial de los baños, hecho que no puede sustraerse de la situación observada en



JOSÉ LUIS JIMÉNEZ SALVADOR, JOSEP M<sup>o</sup> BURRIEL ALBERICH



L'Horta Vella. Vista general (Fotografía J. M<sup>o</sup> Burriel).



L'Horta Vella. Vista general del sector meridional (Fotografía J. M<sup>o</sup> Burriel).

los núcleos urbanos vecinos, como *Valentia*, *Saguntum* y *Ede-  
ta* en los que también se han detectado signos de alteración del  
*statu quo* precedente. ¿Cambios e incluso pérdida de función?  
¿Cambios en la propiedad del establecimiento? Las eviden-  
cias parecen apuntar en esa línea, como también la presencia

de nuevas inhumaciones fechadas en el siglo IV y relacionadas  
con las documentadas en el ábside del *caldarium* de los baños,  
clausurado a tal efecto, que pueden estar señalando la llegada  
de los primeros cristianos y la adaptación de determinados  
espacios de los antiguos baños a sus creencias, fenómeno am-



## VIII CAMPAÑA DE EXCAVACIONES ARQUEOLÓGICAS EN L'HORTA VELLA (BÉTERA, VALENCIA)



L'Horta Vella. Detalle del encuentro de los dos canales de desagüe (Fotografía J. M<sup>a</sup> Burriel).



L'Horta Vella. Enterramiento infantil (Fotografía J. M<sup>a</sup> Burriel).

pliamente documentado en este tipo de establecimientos. Por otra parte, el descubrimiento de nuevos silos viene a reafirmar el papel importante de L'Horta Vella en el nuevo escenario creado a raíz de la caída del Imperio romano. Sin duda, el haber conservado su posición estratégica que gozaba desde época imperial y que le permitía controlar la vía que comunicaba *Saguntum* con *Edeta*, contribuyó a mantener su importancia. En este sentido, es interesante resaltar que las producciones cerámicas documentadas en L'Horta Vella denotan una relación con su entorno urbano próximo, *Valentia*, como demuestra la presencia hasta el siglo VII de productos importados, redistribuidos desde la ciudad. Estos materiales cerámicos aportan datos cronológicos fundamentales para enmarcar los cambios y las reformas arquitectónicas registrados en el establecimiento altoimperial, reconvertido para usos eminentemente agrícolas. Estos cambios son el reflejo de las profundas transformaciones sociales y económicas de este importante establecimiento rural ubicado en el extremo NO de la rica llanura aluvial del *territorium* de la antigua *Valentia*.

La producción y posible comercialización de aceite local permiten indagar sobre la naturaleza de esta comunidad rural y sobre la relación con su entorno urbano con el que mantuvo estrechos contactos, a juzgar por las producciones importadas que serían redistribuidas desde *Valentia*.

JOSÉ LUIS JIMÉNEZ SALVADOR  
Universitat de Valencia

JOSEP M<sup>a</sup> BURRIEL ALBERICH  
Ajuntament de Bétera

## NOTAS

1. Equipo técnico: María Jesús Ortega y Lorena Ruiz con la colaboración de Miquel Rosselló en el estudio de las producciones cerámicas. En la presente campaña han participado los/as estudiantes de la Universitat de València: Vicente Barat, Tatiana Córdoba, Miguel Falcó, Luisa García y Mirella Machancoses.

## BIBLIOGRAFÍA

- JIMÉNEZ, J.L. y BURRIEL, J.M<sup>a</sup> (2007): L'Horta Vella, *Saguntum (PLAV)* 39, 193-198.
- JIMÉNEZ, J.L.; BURRIEL, J.M<sup>a</sup>.; SERRANO, M.; SALAVERT, J. V. y ROSSELLÓ, M., (2005): L'Horta Vella (Bétera, Valencia). De vil·la altimperial a establiment rural visigòtic», J.M<sup>a</sup> GURT y A. RIBERA (eds.), *VI Reunió d'Arqueologia Cristiana Hispànica*, Valencia, 2003. Barcelona, 305-315.
- JIMÉNEZ, J.L.; BURRIEL, J.M<sup>a</sup>.; ROSSELLÓ, M.; SERRANO, M. y SALAVERT, J.V. (2008): «La fase tardorromana de l'Horta Vella (Bétera, Valencia)», C. FERNÁNDEZ OCHOA; V. GARCÍA-ENTERO y F. GIL SENDINO (eds.), *Las villae tardorromanas en el Occidente del Imperio. Arquitectura y función*. Actas del IV Coloquio Internacional de Arqueología, Gijón, 629-638.
- JIMÉNEZ, J.L.; BURRIEL, J.M<sup>a</sup>.; ORTEGA, M<sup>a</sup>J.; ROSSELLÓ, M. y RUIZ, L. (en prensa): L'Horta Vella (Bétera, Valencia), *Simposi Les vil·les romanes a la Tarraconense. Implantació, evolució i transformació* (Lleida, 2007).



### 1.3.- REPORTAJE FOTOGRÁFICO





“NATATIO” Vaso de piscina de 60 m2 de superficie



Muros de “opus caementicium” de casi 2.000 años en pie



Arranque de los muros de las salas de las Termas



Escalera de acceso a la Natatio



Muros de la Natatio, realizados con "opus caementicium"







Arco de comunicación en el "hipocaustum"





“Opus spicatum”. Pavimentos originales del “Frigidarium”



Vaso de la piscina del “Frigidarium”



Cordon de sellado y revestimientos de morteros de cal “opus signinum” del vaso de la piscina del “Frigidarium”



Suspensura, ladrillos para la formación del hipocaustum



Desagüe de una piscina interior (“alveus”) de las termas





Muro de “opus caementicium” con las marcas de arranque de bóvedas con arcos de ladrillos y de los pasamuros para encofrado en su ejecución.



Conducciones de agua en el entorno de las termas.



## 1.4. CONCEPTO DE SOSTENIBILIDAD

Empezaremos a analizar el concepto de sostenibilidad, partiendo de las ideas de la antigüedad citando a Vitruvio, que, en el Siglo I a.c., marcó las 3 condiciones básicas que imperan en la arquitectura: **firmitas, utilitas y venustas** (**resistencia, funcionalidad y belleza**).

Nuestros proyectos, los proyectos que desarrollamos e implantamos, deberían ser **resistentes**, como mínimo para aguantar el paso del tiempo en buen y que diera tiempo a nuestros clientes a poder amortizar su coste, a través de su uso. Deberían ser funcionalmente **útiles**, estar contruidos pensados para su uso y en los usuarios que deben usarlos, que realmente la experiencia de usuario sea grata, debido a los resultados que se obtienen, además de ser **bellos**, es decir, que el diseño y el buen gusto este siempre presente en todo el proyecto.

Partiendo de estos principios, nos apoyaremos el tratado “Los diez libros de la Arquitectura”, extrayendo algunos pasajes.

### **Libro Sexto**

#### **Capitulo 1. Las condiciones climáticas y la disposición de los edificios**

*Los edificios privados estarán correctamente ubicados si se tiene en cuenta, en primer lugar, la latitud y la orientación donde van a levantarse. Muy distinta es la forma de construir en Egipto, en España, en el Ponto, en Roma e igualmente en regiones o tierras que ofrecen características diferentes, ya que hay zonas donde la tierra se ve muy afectada por el curso del sol; otras están muy alejadas y otras, en fin, guardan una posición intermedia y moderada. Como la disposición de la bóveda celeste respecto a la tierra se posiciona según la inclinación del zodíaco y el curso del sol, adquiriendo características muy distintas, exactamente de la misma manera se debe orientar la disposición de los edificios atendiendo a las peculiaridades de cada región y a las diferencias del clima. Parece conveniente que los edificios sean abovedados en los países del norte, cerrados mejor que descubiertos y siempre orientados hacia las partes más cálidas. Por el contrario, en países meridionales, castigados por un sol abrasador, los edificios deben ser abiertos y orientados hacia el cierzo. Así, por medio del arte se deben paliar las incomodidades que provoca la misma naturaleza. De igual modo se irán adaptando las construcciones en otras regiones, siempre en relación con sus climas diversos y con su latitud.*



...

*Más si las regiones son diferentes debido a las diversas clases de climas, y también difiere el carácter de los pueblos por sus cualidades anímicas y por su estructura corpórea, no podemos poner en duda que la situación de los edificios debe adaptarse a las peculiaridades de cada nación y de cada pueblo, pues la misma naturaleza nos brinda una demostración palpable y evidente.*

### **Capítulo 6. Las casas de campo**

*Debe ponerse el máximo cuidado en que todos los edificios queden perfectamente iluminados.*

*Conseguir este objetivo parece mucho más sencillo en las casas de campo ya que no se interponen las paredes de viviendas vecinas —al estar aisladas— que puedan obstaculizar su luminosidad; en la ciudad, sin embargo, la altura de las paredes comunes y las calles angostas constituyen un verdadero inconveniente para la luminosidad de las viviendas. Para solventar este problema, procédase de la siguiente manera: desde la parte que se considere más apropiada para que penetre la luz, trácese una línea desde lo alto de la pared que obstaculice el paso de la luz, hasta el punto donde se necesite, y si desde esta teórica línea, mirando hacia arriba puede contemplarse un amplio espacio del cielo, sin ningún problema la luz llegará a este punto.*

*Pero si el obstáculo lo constituyen las vigas, los dinteles o bien los entramados, se facilitarán aberturas desde las partes más altas y así penetrará la luz. En conclusión, debe procederse siempre de forma que las aberturas de las ventanas queden situadas en cualquier parte que permita contemplar el cielo; así se lograrán edificios bien iluminados. Es muy necesaria la luz en los triclinios y en otras habitaciones, pero sobre todo en los pasillos, rampas y escaleras ya que con frecuencia se cruzan unas personas con otras, cargadas con fardos.*



Nos fijaremos ahora en algunos artículos de prensa.

## INNOVADORES

> PERSONAJES ÚNICOS / MICHAEL H. RAMAGE

Un edificio de este profesor de Cambridge y de John Oschendorf (MIT) ostenta el récord de sostenibilidad. Ramage cree que debemos reaprender algunas técnicas arquitectónicas usadas en edificios de la Edad Media. Por Adolfo Plasencia y Eugenio Mallol

### Siglos de casas sin coste energético

Michael H. Ramage no es un arquitecto corriente, sino casi a 'contra-corriente'. Lecturer en Architectural Engineering en la Universidad de Cambridge, se ocupa hoy con éxito, mediante técnicas y materiales tradicionales, de conseguir altas prestaciones en edificios bioclimáticos de vanguardia. Ramage colabora en el diseño, análisis y construcción de estructuras abovedadas recuperando para la arquitectura vanguardista, en diversas latitudes del mundo, muchas conquistas seculares de la tradición mediterránea.

Ramage frecuenta el Mediterráneo. Ha sido co-organizador este verano del Workshop de Artífexbalear en Inca (Mallorca), y recientemente dio una conferencia en la Universidad Politécnica de Valencia. Fue allí donde habló con INNOVADORES.

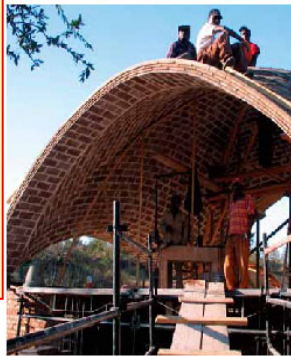
Ramage cree que la 'nueva evolución de la arquitectura debe venir marcada por que sea más bioclimática y que recupere la sabiduría de la tradición, y asegura que 'es posible aplicar el conocimiento de otras épocas de la Historia a la arquitectura contemporánea, y no necesariamente construyendo réplicas, porque ningún edificio de la antigüedad podría ser construido ahora'.

Según dice, 'hemos olvidado cosas esenciales, por ejemplo, que los edificios medievales son un ejemplo de arquitectura con coste energético cero. Si aplicamos algunas cosas que ya se hacían entonces y lo añadimos a lo que conocemos hoy y a nuestro diseño contemporáneo, estaremos definiendo la arquitectura digna del siglo XXI'.

Ramage no reniega que 'las grandes corporaciones del metal o el aire acondicionado frenen esta evolución de la arquitectura', pero sí la cuestión cultural: «El problema viene de la



Michael Ramage en el Congreso IASS Valencia 2009. / EL MUNDO



Construcción del Museo del Parque Nacional de Mapungubwe. / EL MUNDO

educación, de nuestra capacidad para generar tendencias en la sociedad.

Ramage no reniega de la arquitectura del último siglo, aunque introduce matices. «Muchos edificios de los maestros del modernismo son fantásticos, pero lo que ha llegado después, en muchos casos, es una simple copia, y copiar mal es muy fácil. A veces simplemente se imitan materiales, sin profundizar en la filosofía del arquitecto».

También reconoce que «no siempre todo lo que se llama hoy 'bioclimático' está bien construido». Por eso, estos temas no son sólo cosa de arquitectos: «Todos los colectivos que intervienen en la construcción de un edificio deben trabajar en equipo para incorporar estos conceptos».

Y predica con el ejemplo; ha diseñado y construido, junto al

«Estamos definiendo una arquitectura digna del siglo XXI al unir tradición y vanguardia»

arquitecto y profesor del MIT John Oschendorf, un edificio bioclimático en Sudafrica: el Museo del Parque Nacional de Mapungubwe, en el que usaron técnicas tradicionales mediterráneas de bóveda tabicada y tapial. Anteriormente, habían construido el excepcional edificio bioclimático The Pines Colic en Dover, Inglaterra, cuyo proyecto era requerido por tres condiciones básicas: a) Duración del edificio superior 500 años; b) usar materiales locales y c) que su consumo energético fuera cero. Ahora, este edificio ha superado en 68% al que ostentaba el record de sostenibilidad en edificios de toda Gran Bretaña hasta ese momento.

EL MUNDO COMUNIDAD VALENCIANA  
NÚMERO 14 / LUNES 12 DE OCTUBRE DE 2009  
innovadores@elmundo.es

> MATERIA GRIS

Javier  
López Tazón



### Una ropa muy especial

Hablemos de textil. Pero no porque parece que el otoño ya se abre paso y por fin comienzan a bajar las temperaturas (perdón, pero a mí me gusta un buen otoño lluvioso y ventoso y el Madrid en el que me toca vivir se empeña en agotarnos con veranos cada vez más largos y extremos—además de las obras, claro—). En estos días en los que uno de los temas más escuchados es el recorte presupuestario del ministerio que iba para estrella (por cierto, durante una comida con representantes de la patronal TIC española ASIMEL EC, comentaron que la mayor parte de la reducción correspondía al gasto corriente y no a los proyectos claros) y en los que los investigadores reniegan de volver a trabajar bajo mínimos, sean bienvenidas noticias como la que acaba de airear CETEMMSA, centro tecnológico que ha sido elegido para liderar el proyecto europeo eCAALYX.

A pesar del nombre futurista, de lo que se trata es de crear una camiseta capaz de detectar las constantes vitales de una persona y comunicárselas a distancia. Además, esa camiseta del futuro comunicará a través de un teléfono inteligente o de la propia pantalla del televisor del momento en el que hay que tomar la medicación, etcétera. Se trata en definitiva de poder tener controlado a distancia el estado de salud de un paciente. La dotación económica no es de andar por casa: 4,2 millones de euros para un estudio de tres años de duración.

En el ajo están metidos desde Telefónica hasta Fraunhofer Portugal, pasando por instituciones de Reino Unido, Irlanda y Alemania.

La elección de CETEMMSA no parece realizada al azar, ya que lleva años trabajando en este terreno. La última vez que yo recuerdo que comunicaron información sobre este tipo de prendas fue casi hace un año. En aquella ocasión, se trataba de un pijama capaz de detectar cambios de temperatura y enviar el aviso de fiebre a través de un SMS. Telefónica también presentó un prototipo de camiseta monitorizada durante el pasado Mobile World Congress de Barcelona. Muy en línea de lo que se pretende con este proyecto eCAALYX, el modelo que enseñaba Telefónica era una camiseta con sensores y un transmisor que enviaba la información de las constantes vitales del portador a un teléfono móvil con un programa para interpretárselas.

Se trata de poder tener controlado a distancia el estado de salud de un paciente

*Ramage cree que la "nueva evolución de la arquitectura debe venir marcada por que sea más bioclimática y que recupere la sabiduría de la tradición", y asegura que "es posible aplicar el conocimiento de otras épocas de la Historia a la arquitectura contemporánea, y no necesariamente construyendo réplicas, porque ningún edificio de la antigüedad podría ser construido ahora".*

*Según dice, "hemos olvidado cosas esenciales, por ejemplo, que los edificios medievales son un ejemplo de arquitectura con coste energético cero. Si aplicamos algunas cosas que se hacían entonces y lo añadimos a lo que conocemos hoy y a nuestro diseño contemporáneo, estaremos definiendo la arquitectura digna del siglo XXI."*





## Innovar en arquitectura de vanguardia a través de la tradición

Recuperar el conocimiento acumulado en 2.500 años de experiencia mediterránea en la construcción de la arquitectura en piedra, no sólo es una obligación intelectual que tenemos sino que, además, puede ser un medio para innovar en una arquitectura de vanguardia mas respetuosa con la cultura, los ecosistemas y los lugares, así como un buen método para que los estudiantes y estudiosos de la arquitectura puedan repensar la pregunta esencial sobre "qué es la arquitectura y, al tiempo, reflexionar sobre cuál es el sentido del 'oficio' de arquitecto". Lo afirma en el programa **Tecnópolis UPTV** de esta semana **Yung Ho Chang**, director del prestigioso **Departamento de Arquitectura del Massachusetts Institute of Technology (MIT)** que acaba de participar en el **"ARTIFEX Workshop: Stonemasonry in Context"** que acaba de tener lugar en Inca (Mallorca) organizado por **ArtifexBalear**, una iniciativa educativa para la recuperación e innovación del oficio de cantero y la herencia arquitectónica y cultural.

Participan en el programa, además de **Yung Ho Chang**, dos de los co-organizadores del **ARTIFEX Workshop**: el arquitecto y artista **Luis Berrios-Negrón** especializado en técnicas de personalización de masas, economías materiales, y prácticas sostenibles y de artes visuales a través de la lente de la arquitectura. También interviene en el programa **Miquel Ramis**, co-organizador del **ARTIFEX Workshop**, fundador y director de **ArtifexBalear**, un proyecto para la recuperación e innovación en las artes de la construcción y la cantería que ha sido premiado por la Cámara de Comercio al proyecto más innovador en el área de artesanía.

EL MUNDO COMUNIDAD VALENCIANA  
NÚMERO 6 / LUNES 13 DE JULIO DE 2009  
innovadores@elmundo.es

### PERSONAJES ÚNICOS / MIGUEL RAMIS

Un mallorquín que posee una visión transversal: recuperar el oficio del artesano en la construcción contemporánea. Para ello se apoya en las formas de conocimiento que sintetizan cuatro mil años de historia de la construcción en piedra. Por **A. Plasencia**

## A la vanguardia por la tradición

Hay edificios que se ven por encima de los edificios. Cuando se ven desde lejos, se ven como un símbolo, una forma que trasciende el tiempo y el espacio. Miguel Ramis es un mallorquín que posee una visión transversal: recuperar el oficio del artesano en la construcción contemporánea. Para ello se apoya en las formas de conocimiento que sintetizan cuatro mil años de historia de la construcción en piedra. Por A. Plasencia



El profesor del MIT Yung Ho Chang, en el taller de Miguel Ramis. A.S.

En las obras se están trabajando soluciones muy básicas, pero hay un mundo más abierto

«En las obras se están trabajando soluciones muy básicas, pero hay un mundo más abierto», afirma Miguel Ramis, fundador y director de ArtifexBalear, un proyecto para la recuperación e innovación en las artes de la construcción y la cantería que ha sido premiado por la Cámara de Comercio al proyecto más innovador en el área de artesanía.

«Se están trabajando en las obras soluciones muy básicas, pero muy creativas, experimentales, basadas en unos modelos simples, sencillos, cuando la construcción siempre ha sido algo abstracto, que permite la personalización educativa de cada obra de acuerdo a los gustos y necesidades de quienes los habitan».

Miguel Ramis junto con el arquitecto y artista Luis Berrios-Negrón y el profesor de Arquitectura de la Universidad de Cam-

bridge (MIT), la primera universidad del mundo en ingeniería y tecnología, la Universidad de Cambridge, la Universidad de Deusto o formados en universidades como Cornell o ETH, en la ETSA de Madrid. Y junto con los alumnos de estas universidades de élite ha trabajado todo este curso con los arquitectos. No se trataba sólo de reflexionar y aprender, sino también de construir en piedra con técnicas tradicionales y modernas. Los alumnos de un taller de recuperación del patrimonio de este workshop.

Los profesores de un taller de recuperación del patrimonio de este workshop, el profesor Yung Ho Chang, doctor arquitecto y director del prestigioso departamento de arquitectura del MIT, le dan la visión sobre el arte del interior y el espacio. Miguel Ramis y el resto de docentes de este proyecto que desde algunos años atrás que estudian de la formación arquitectónica. Hay algo que casi parece olvidado: inventar, tener una idea del oficio tradicional de la construcción en piedra. Por otro lado, el arte sigue siendo importante para la arquitectura hoy. Preparar ideas del pasado y presentarse en contextos, historias y estilos de los tiempos pasados que en realidad la arquitectura.

¿Qué Miguel Ramis ha innovado con su visión más de lo que el arte tal vez encontrará la manera de que la arquitectura de hoy se recupere a través de la memoria de su pasado en piedra. Los más importantes son los contemporáneos aprendiendo del conocimiento acumulado por los maestros canteros mediterráneos. Todo es metáfora, desde luego innovador: innovar a través de la tradición.

> MA  
Javie  
López:

«La  
ES C

Acimela  
presas e  
no es lo  
que está  
de a un  
plan, ap  
mer con  
Parque  
técnica  
cto en le  
lo peña  
malta  
Dabo co  
otras de  
cias. Sig  
manera  
de ella. No  
La pri  
no de a  
nada de  
cológica  
con Jose  
Lo que  
más fati  
en el q  
compra  
nos de  
torre. P  
parece  
innovac  
tipes m  
hachos  
Ctra. In  
la propi  
otra con  
tores de  
tancias.  
«En la  
Luis Ber  
Albert E  
riano y  
ciente d  
IEM. Su  
valdram  
mando  
culto ab  
ción a

Tene  
tecnol  
salir d



### Arquitectura: El futuro de la arquitectura está en los materiales tradicionales

No obstante la utilidad de las sofisticadas técnicas avanzadas de diseño por computadora, muchos de los profesionales de la arquitectura dirigen su atención hacia las técnicas y materiales constructivos tradicionales, pues se ha comprobado que son mucho más respetuosos con la ecología y que incluso pueden ayudar a mejorar las condiciones ambientales (Vie, 15 Oct 2010)

**Miquel Ramis** DIRECTOR Y CREADOR DE ARTIFEXBALEAR

## RECETAS PARA UNA CRISIS SISTÉMICA

**REFLEXIÓN SEMANAL**

El pasado 01 de febrero, Miquel Ramis presentó *Recetas para una crisis sistémica* en el Club Diario de Mallorca, reflexión y ejemplos exitosos de propuestas no convencionales y explicando las interacciones entre construcción sostenible, tecnología apropiada y permacultura.

La construcción sostenible busca construir con materiales locales y mano de obra local una vivienda auto-suficiente, de bajo consumo energético, que capte agua, energía solar, eólica y geotérmica. Que procese sus deshechos. Reciclable y con baja huella ecológica. La permacultura propone compaginar la agricultura ecológica con la regeneración de la tierra imitando los ciclos de la naturaleza, en un espacio contenido y con alta productividad. Sin plaguicidas, fertilizantes o herbicidas. La tecnología apropiada es toda aquella que resuelve los problemas con los recursos locales, reduciendo la huella ecológica y el transporte. Se contraponen a la tecnología cautiva, siempre dependiente de productos y recursos externos. Permite construir un generador eólico con material reciclado o un colector solar. Prefiere el adobe o la piedra locales al hormigón y al acero importado.

Las tres propuestas se desarrollan en un entorno de economía local, generando riqueza, conocimiento y sinergias crecientes en la comunidad y tienen como objetivo la sostenibilidad, que emerge naturalmente del ensamblaje armónico de los entornos social, ambiental y económico. Un entorno viable, habitable y equitativo. Como dijo Buckminster Fuller, "No puedes cambiar las cosas luchando contra la realidad existente. Para cambiar algo, construye un modelo que haga obsoleto al modelo existente". En nuestro caso añadiríamos "preservando el hilo que nos conecta con nuestros ancestros y nuestra tierra".

Artifexbalear impartirá los módulos de autoconstrucción y tecnología apropiada en el próximo curso de permacultura que organiza [HYPERLINK](http://www.permamed.org/) <http://www.permamed.org/> en marzo 2012.

*La construcción sostenible busca construir con materiales locales y mano de obra local una vivienda auto-suficiente, de bajo consumo energético, que capte agua, energía solar, eólica y geotérmica. Que procese sus deshechos. Reciclable y con baja huella ecológica.*



Jueves, 24 de septiembre de 2009 **MALLORCA** Diario de Mallorca | 13

Diario de Mallorca **INNOVACIÓN, SOSTENIBILIDAD Y CONCIENCIA EN LOS OFICIOS DE LA CONSTRUCCIÓN / MIQUEL RAMIS**

## “Tendrá más trabajo quien ofrezca una construcción sostenible”

*Considera que el sector debe reciclarse para aprender técnicas económicas y ecológicas*

**R.F.M. Palma.**  
El director de Artífexbalear, Miquel Ramis, lleva años dedicado a rescatar antiguas prácticas de la arquitectura, la escultura y la cantería. Ayer explicó su modelo de construcción en el Club DIARIO de MALLORCA. Su proyecto es crear un centro de innovación de sistemas constructivos. Es ambicioso pero cuenta con el apoyo de universidades como Massachussets y Cambridge. “Hay que buscar una solución de vivienda para mil millones de personas que no pueden acceder a ella”. Su centro investigaría cómo construir casas con los materiales que los habitantes de países subdesarrollados tengan a su alcance. Pero sus ideas también se pueden aplicar aquí. “Es insostenible dedicar 40 años a pagar una hipoteca”. Propone que si uno está en el paro, aproveche para asistir a uno de los cursos de Artífexbalear donde le enseñarán a construir una casa bioclimática al estilo antiguo: piedras, calico y tierra.

**— ¿Qué es la construcción bioclimática?**  
— Es la suma de la construcción tradicional con los conocimientos actuales sobre el comportamiento de los materiales utilizados para las edificaciones. Para crear el centro de innovación de sistemas constructivos usaremos los conocimientos de los constructores de generaciones anteriores. Queremos hacer una especie de historia del arte pero fijándonos en el tema técnico.



*Ramis, ayer en su charla en el Club Diario de Mallorca. FOTO: M. MASLUT*

**— ¿Hacia dónde va el modelo de construcción que propone?**  
— Se debe reciclar y reorientar el sector. No lo digo yo, lo dicen expertos de Massachussets y Cambridge. Los edificios levantados con la construcción bioclimática consumen menos. El consumo de la construcción y el mantenimiento de una vivienda bioclimática es dos terceras partes menor que un edificio convencional.

**— Se debe cambiar la visión...**  
— ¡La visión debe cambiar ya! Los albañiles se tienen que reciclar. Los maestros de obras de los pueblos son los que lo tienen mejor para adaptarse porque ya dominan la construcción a la antigua. El cambio será gradual. Los constructores seguirán trabajando pero de cada vez tendrán más trabajo los que ofrezcan una construcción más sostenible. El coste real de una vivienda bioclimática siempre será inferior a la convencional.

**— ¿Y cómo es posible?**  
— Artífexbalear organiza cursos de reciclaje que enseña a construir casas con piedras, tierra y calico. Las casas de nuestros abuelos se construían así y son igual de resistentes. El petróleo cada vez está más caro. Debemos utilizar nuestros recursos. El secreto es saber utilizar estos materiales. Saldrá genio más cualificada.

**— ¿Qué ventajas tiene?**  
— Una casa bioclimática es más saludable porque no utilizan materiales químicos. Se ahorra en calefacción y en aire acondicionado. Eso sí, se debe saber cómo optimizar el potencial de la casa. Nosotros también debemos cambiar la idea.

**— El secreto es innovar.**  
— Es esencial invertir en innovación ya que el sector de la construcción es el que menos ha invertido en investigación en los últimos 20 años.

**¿Qué es la construcción bioclimática?** Es la suma de la construcción tradicional con los conocimientos actuales sobre el comportamiento de los materiales utilizados para las edificaciones... usaremos los conocimientos de los constructores de generaciones anteriores.

El consumo de la construcción y el mantenimiento de una vivienda bioclimática es dos terceras partes menor que un edificio convencional.



## LA CONSTRUCCION EN EL SIGLO XXI

### EL FUTURO DE LA ARQUITECTURA VERDE Y SOSTENIBLE

A lo largo de la historia, las casas se erigían para aprovechar sol, aire y agua. Siglo XX: se asumió que los combustibles baratos aportarían luz, calor y aire artificiales. ¿Siglo XXI?

Coincidiendo con el pinchazo de la burbuja inmobiliaria en varios países de manera simultánea y con el endurecimiento del crédito entre empresas, instituciones y ciudadanos, la arquitectura sostenible ha pasado de la marginalidad a la posición de honor en cualquier proyecto que se precie (residencias, oficinas, obra civil y pública).

#### **Crisis = ¿oportunidad para la arquitectura sostenible?**

No existe una definición inequívoca de arquitectura sostenible, ni tampoco de construcción sostenible, o verde, o ecológica.

**En la construcción sostenible, materiales y tecnologías arquitectónicas nacidos en centros tecnológicos se entremezclan con conceptos ancestrales y métodos industriales.**

Asimismo, existen productos destinados a aumentar la eficiencia energética y medioambiental de las casas y edificios ya construidos: instalación de paneles solares térmicos (para calentar agua sanitaria) y fotovoltaicos (producción de electricidad); mejorar el aislamiento de ventanas y cerramientos; instalar iluminación y electrodomésticos de bajo consumo; entre otras medidas.

El listado de materiales empleados en un proyecto de construcción sostenible, por ejemplo, varía tanto como el tipo de construcción o reforma que se lleva a cabo.

Bambú, balas de paja, madera procedente de bosques gestionados con responsabilidad (existen métodos de certificación para reconocer esta cualidad), piedra de cantera, piedra reciclada, metal y otros productos reciclados, reciclables, renovables, no tóxicos (lana, ladrillos, bloques y paneles elaborados con papel, tierra comprimida, adobe, arcilla, tierra cocida, corcho, coco, platos de fibra vegetal), y un largo etcétera.

Por sus características (coste, durabilidad, carácter aislante), incluso el cemento puede encajar en un proyecto de construcción sostenible.

Y ya se trate de un habitáculo de 30 metros cuadrados o de un gigantesco rascacielos, la construcción sostenible aboga por emplear no sólo materiales de



construcción naturales, funcionales y no tóxicos, sino **producidos localmente**, para minimizar al máximo el **coste energético derivado de su transporte**.

La casa sostenible se engloba en torno a una estrategia general para mejorar nuestra vida y adaptarnos a cualquier situación (también un periodo de crisis), y no es sólo una reacción al aumento del coste energético o a los mandatos internacionales contra el cambio climático.

Un edificio sostenible es más saludable, consume menos energía, genera menores gastos.

Sostenible implica mayor funcionalidad, mayor salubridad, mayor independencia energética, ahorro económico, también en el ámbito de la construcción residencial o incluso la obra civil.

### **Construcción verde, construcción natural, diseño sostenible, arquitectura verde**

La sostenibilidad en la arquitectura contemporánea empezó a ser aplicada, todavía marginalmente, en los 70 del siglo pasado.

Los edificios sostenibles pretenden aumentar la eficiencia empleando los recursos (energía, agua, materiales) y reduciendo a la vez el impacto sobre la salud humana y el entorno durante su ciclo de vida, a través del cuidadoso estudio del emplazamiento, diseño, construcción, operación, mantenimiento y demolición.

La construcción verde comparte sus objetivos con la llamada construcción natural, que se ocupa de la edificación a pequeña escala y se centra en el uso de materiales que pueden obtenerse localmente.

También se emplean los términos diseño sostenible y arquitectura verde para referirse a una misma tendencia mundial por el retorno a la construcción de estructuras que miran de nuevo hacia el contexto en que son situadas y a aprovechar el poso cultural y técnico acumulado.

### **Arquitectura bioclimática**

Existe otro concepto en auge relacionado con la arquitectura sostenible: la arquitectura bioclimática cuenta con preceptos muy similares a la permacultura. Consiste en el diseño de edificaciones teniendo en cuenta las condiciones climáticas y aprovechando los recursos naturales disponibles (el sol, la vegetación, la lluvia y los vientos actúan como nutrientes).



Una vivienda bioclimática consigue ahorrar sustancialmente la energía empleada e incluso prescindir de ella totalmente. Las viviendas definidas como bioclimáticas aprovechan conceptos ya aplicados en las villas romanas:

**Orientación:** orientar los huecos acristalados hacia el sur (Hemisferio Norte) o hacia el norte (Hemisferio Sur), se capta más radiación solar en invierno y menos en verano. En las zonas más cálidas, es conveniente colocar los acristalamientos en el sentido opuesto (de espaldas al Ecuador). De este modo, la cara acristalada sólo estará irradiada por el Sol a primera hora de la mañana y a última hora de la tarde (reducción del flujo calorífico). Pese a lo básico de esta idea, en las últimas décadas había perdido fuelle.

**Efecto invernadero:** proteger las ventanas con persianas alargadas y en sentido vertical, en la cara interior del muro, lo que evita la entrada de radiación solar en verano y la generación del efecto invernadero, tan común en los pisos y casas construidos en las últimas décadas, para fortuna de los fabricantes de aparatos de aire acondicionado.

**Aislamiento térmico:** ¿alguna vez te has preguntado por qué la casa de tus antepasados tiene los muros más gruesos? Los muros gruesos retardan las variaciones de temperatura, debido a su inercia térmica. Las paredes anchas evitan perder calor en invierno y la entrada de calor en verano.

**Ventilación cruzada:** la diferencia de temperatura y presión entre dos estancias con orientaciones opuestas.

## **Permacultura**

Partiendo de todos los conceptos previos que hemos analizado: la construcción en época clásica, algunos artículos de prensa sobre el uso de materiales tradicionales en las construcciones en estos tiempos y los conceptos de sostenibilidad y bioclimatismo. Con todo ello llegamos a un nuevo concepto: la permacultura.

*La **permacultura** constituye un sistema proyectado sostenible que integra armónicamente la vivienda y el paisaje, ahorrando materiales y produciendo menos desechos, a la vez que se conservan los recursos naturales; es el diseño de hábitats humanos sostenibles y sistemas agrícolas, que imita las relaciones encontradas en los patrones de la naturaleza. (Wikipedia)*

La permacultura, por ejemplo, pretende diseñar hábitats humanos saludables y respetuosos con el entorno mediante el seguimiento de los patrones de la naturaleza.



En un reconocimiento de las virtudes de la edificación tradicional de culturas como la mediterránea, la construcción sostenible no pretende sólo aplicar avances tecnológicos, sino recuperar sistemas ancestrales de aislamiento, orientación de las estancias o emplazamiento, así como emplear materiales locales con un contrastado rendimiento (desde la piedra al adobe, pasando por la arcilla, la tierra o las fibras naturales, tanto de origen animal como vegetal).

La permacultura recupera para el mundo contemporáneo conceptos tan antiguos como los aplicados en las casas tradicionales de Andalucía, Menorca o las islas griegas, que se encalan para evitar al máximo la radiación solar; o la tradicional orientación hacia el sur de los tejados que se lleva a cabo en el hemisferio Norte, para aprovechar la inclinación solar en invierno y evitar la perpendicularidad de los rayos en verano, cuando se quiere evitar el sol.

El concepto de permacultura incluye siete áreas totalmente interrelacionadas:

- 1.- Ambientes constructivos.
- 2.- Herramientas y Tecnología.
- 3.- Educación y cultura.
- 4.- Bienestar físico y espiritual.
- 5.- Economía y finanzas.
- 6.- Tenencia de la tierra y gobierno comunitario.
- 7.- Manejo de la tierra y de la naturaleza.

Estas siete áreas interactúan entre ellas de manera compleja, constituyendo entre todas ellas el HÁBITAT en el que vivimos. La permacultura implica mejorar cada uno de los aspectos relacionados para la mejora y mantenimiento de nuestra forma de vida y así poder asegurar a futuras generaciones un mundo en el que vivir.

De todas estas áreas nos vamos a centrar en el primero “AMBIENTES CONSTRUCTIVOS”, que a su vez en el ámbito de la construcción supone intervenir en “Herramientas y Tecnología”, puesto que se definen las formas de construir; y “Manejo de la Tierra y de la Naturaleza”, ámbito en el que se incluye el urbanismo y ocupación del suelo. Todos ellos aspectos en los que debemos pensar y actuar como técnicos Ingenieros de la Edificación, pues están en nuestro ámbito de trabajo.

Para todo ello vamos a dar unas recomendaciones para la utilización de materiales en la construcción.



## Guía para la selección de materiales sostenibles

- Que tengan **larga duración**
- Que puedan ajustarse a un determinado **modelo**
- Que provengan de una **justa producción**
- Que tengan un **precio accesible**
- Que sean **valorizables**
- Que sean **no contaminantes**
- Que **consuman poca energía** en su ciclo de vida
- Que en su entorno tengan **valor cultural**
- Que provengan de **fuentes abundantes y renovables**
- Que posean un porcentaje de material reciclado.
- Que no utilicen materiales de aislamiento que contenga CFC.

## Impacto ambiental de los materiales de construcción

Son 5 los puntos en los que podemos fijar el impacto que causan los materiales sobre la salud y el medio ambiente:

### 1.-Consumo de energía

La utilización de materiales de bajo consumo energético en todo su ciclo vital, será uno de los mejores indicadores de sostenibilidad. Los materiales pétreos como la tierra, la grava o la arena, y otros como la madera, presentan el mejor comportamiento energético, y los plásticos y los metales "sobre todo el aluminio" el más negativo.

### 2.-Consumo de recursos naturales

El consumo a gran escala de ciertos materiales puede conllevar a su desaparición. Es una opción interesante el uso de materiales que provengan de recursos renovables y abundantes, como la madera.

### 3.-Impacto sobre los ecosistemas

El uso de materiales cuyos recursos no provengan de ecosistemas sensibles, es otro punto a tener en cuenta. Como la bauxita que proviene de las selvas tropicales para fabricar el aluminio o las maderas tropicales sin garantías de su origen.

### 4.-Que emisiones generan

La capa de ozono se redujo, entre otras razones, por la emisión de los clorofluorocarbonos (CFC)





El PVC , defensor en la causa en la industria del cloro, debido a sus emisiones de *furanos* y *dioxinas*, tan contaminantes, van siendo prohibidos en cada vez más usos, como el suministro de agua para consumo humano.

#### **5.-Comportamiento como residuo**

Al concluir su vida útil, los materiales pueden causar graves problemas ambientales. El impacto será menor o mayor según su destino (reciclaje, incineración, reutilización directa)

El uso posterior de vigas de madera, antiguas tejas cerámicas o material metálico para chatarra es muy apreciable.



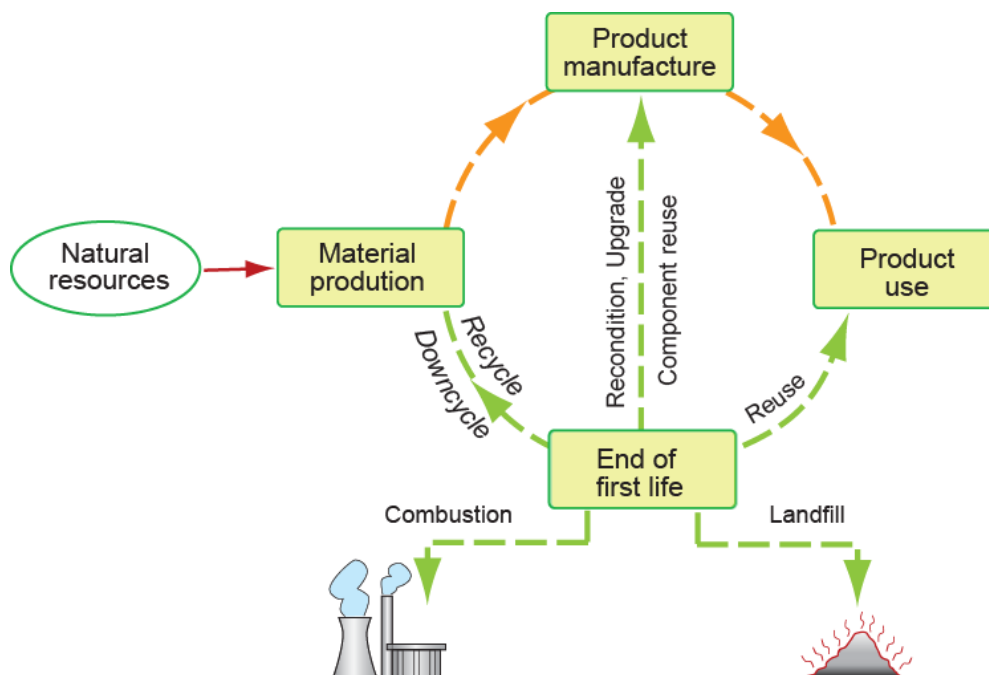
## 1.5.- OBJETIVOS

Realización de un estudio del edificio propuesto, Villa y Termas de l'Horta Vella en Bétera, recreando virtualmente los edificios, a partir del alzamiento arqueológico realizado previamente. Con los datos de que disponemos podremos aproximar bastante a la realidad la zona de Termas, pero para la Villa haremos una suposición de espacios a partir de los restos arqueológicos de otras villas y los tratados de teoría de la Arquitectura y Construcción romanos.

Con todos los datos recopilados construiremos un modelo en **3D Autocad** para poder analizar y calcular los volúmenes de los diferentes materiales que forman parte de los edificios a analizar.

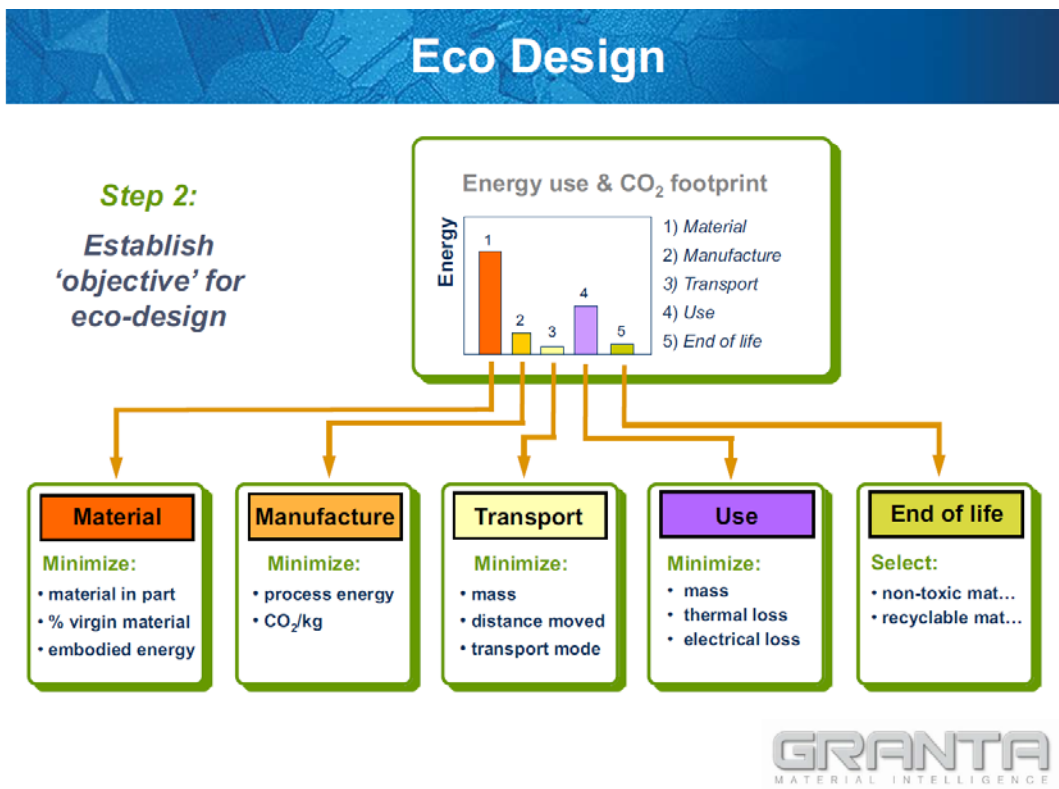
Con estos datos de partida y mediante la utilización del programa **CES Selector**, analizaremos la huella de carbono que proporciona el edificio resultante, considerando todo el ciclo de vida de los materiales, los recursos naturales de origen, la energía consumida en todos los procesos de extracción, manufactura, transporte, implementación en el edificio, mantenimiento, durabilidad del edificio, demolición y reutilización, reciclaje o fin de vida útil.

Con la metodología establecida por el CES Selector, obtendremos la energía necesaria para realizar el edificio objeto de estudio, y por ende su huella de carbono, así como el potencial, al final de la vida útil del edificio, de sus materiales en su reutilización o reciclaje.





Con este estudio de la Huella de Carbono, queremos demostrar que el uso de materiales tradicionales, que se encuentran o se producen en el entorno del edificio, dejan una Huella de Carbono menor. Todo ello sin menoscabar la calidad de vida de sus usuarios, más bien al contrario, pues fijándonos en las tipologías y materiales de edificios tradicionales obtendremos un confort en el edificio a realizar que supondrá un menor consumo de energía, y por tanto ahorro energético y económico para el usuario final.





UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA





## 2.- PRESENTACIÓN DEL ELEMENTO ANALIZADO



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

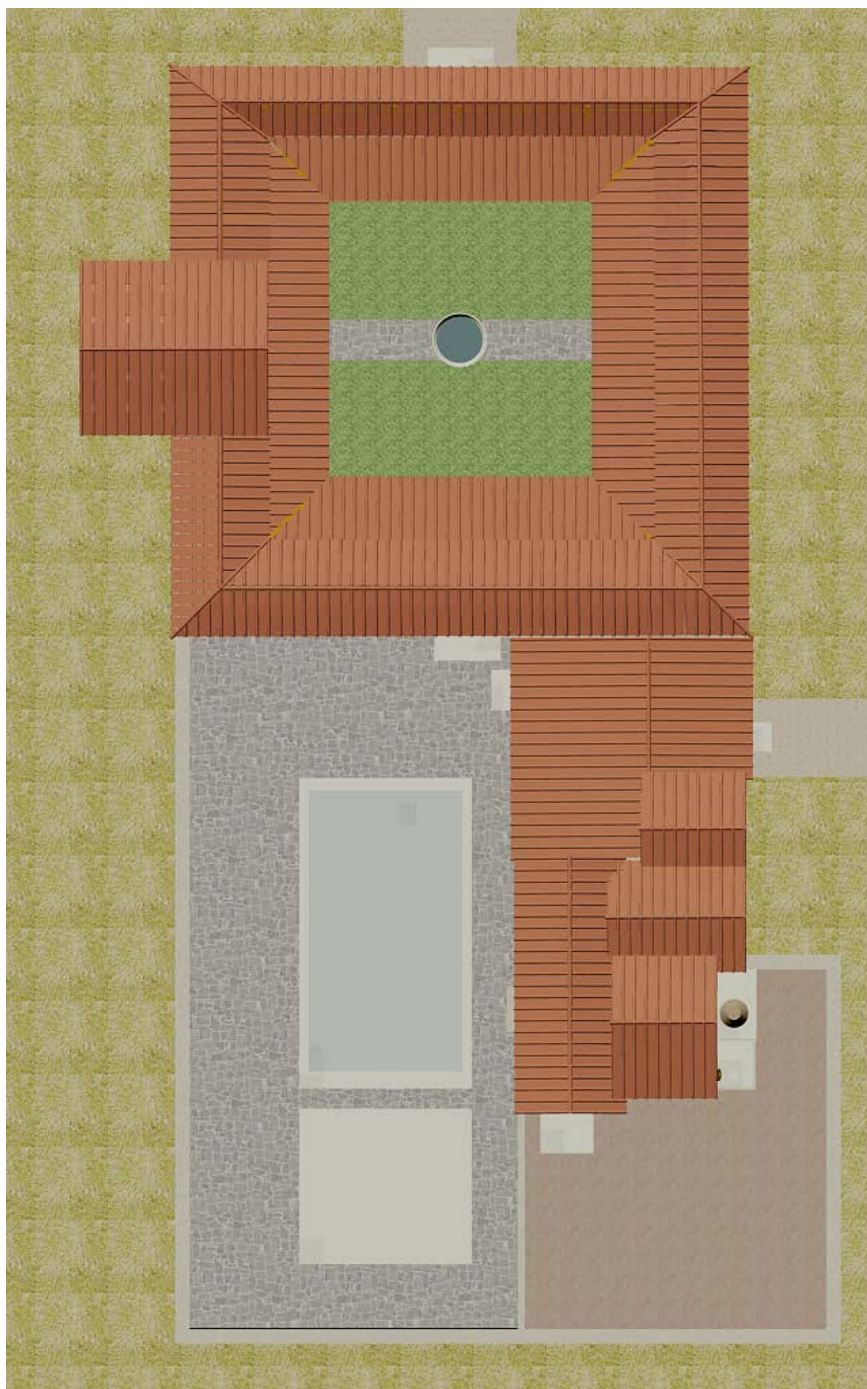




## 2.1.- DESCRIPCIÓN DEL CONJUNTO

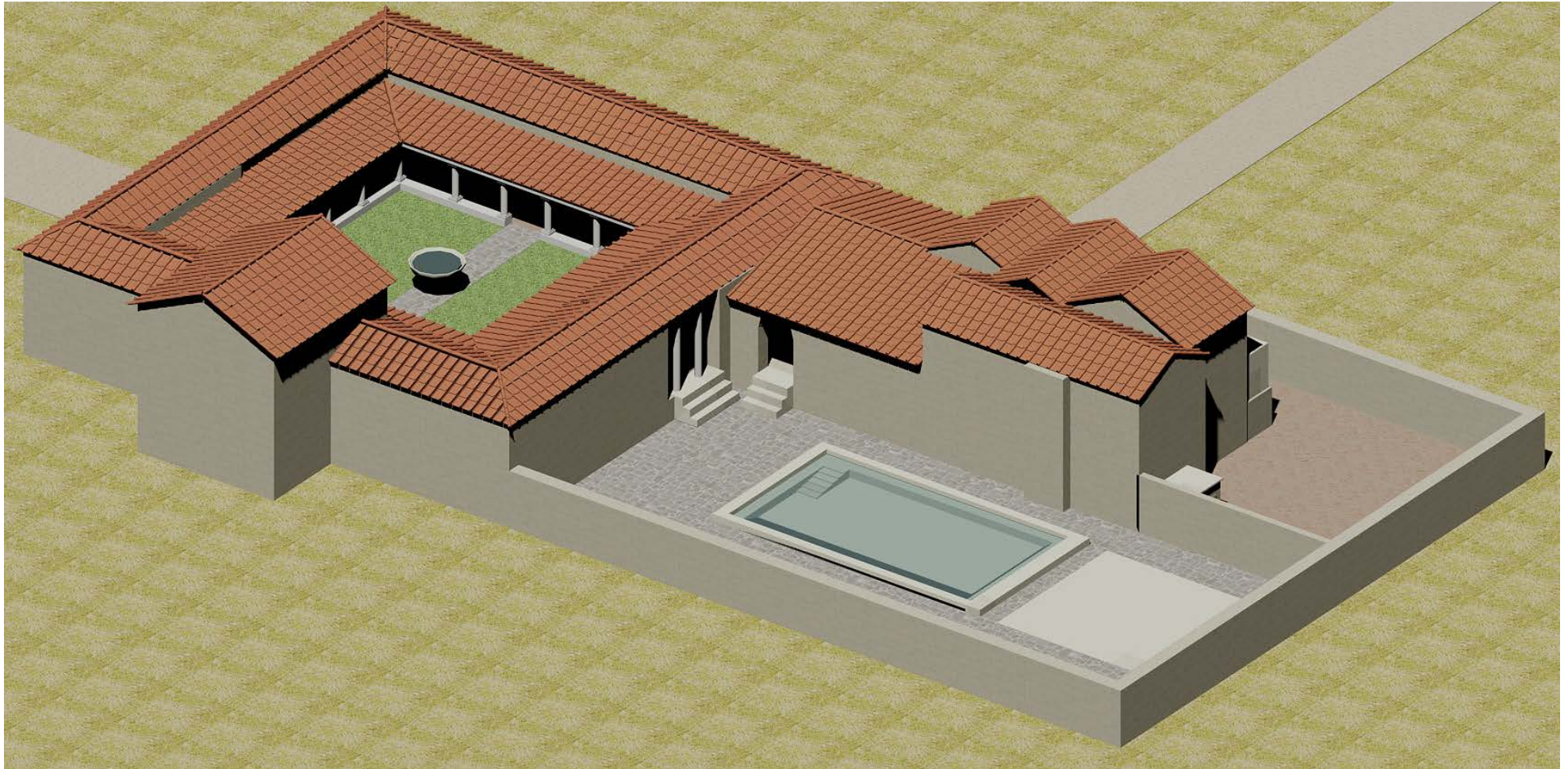
El complejo esta compuesto principalmente por dos elementos: una villa, que queda más al norte, y unas termas anexionadas a la cara sur de la villa en línea con el cerramiento recayente al este. Dentro del conjunto hay dos patios, uno central en la villa y otro al suroeste con la pisinia y la palestra.

Todo el conjunto queda cerrado y tapiado en todo su perímetro con tres accesos exteriores. Uno en la cara norte del conjunto, por el que se accede a la villa a través de una pequeña escalera. En la cara este hay dos entradas, una para acceder al interior de las termas a través de los vestuarios y otra para entrar en el patio donde están los hornos y el material combustible almacenado.





## 2.2.- VISTAS GENERALES



PERSPECTIVA ISOMÉTRICA SUROESTE





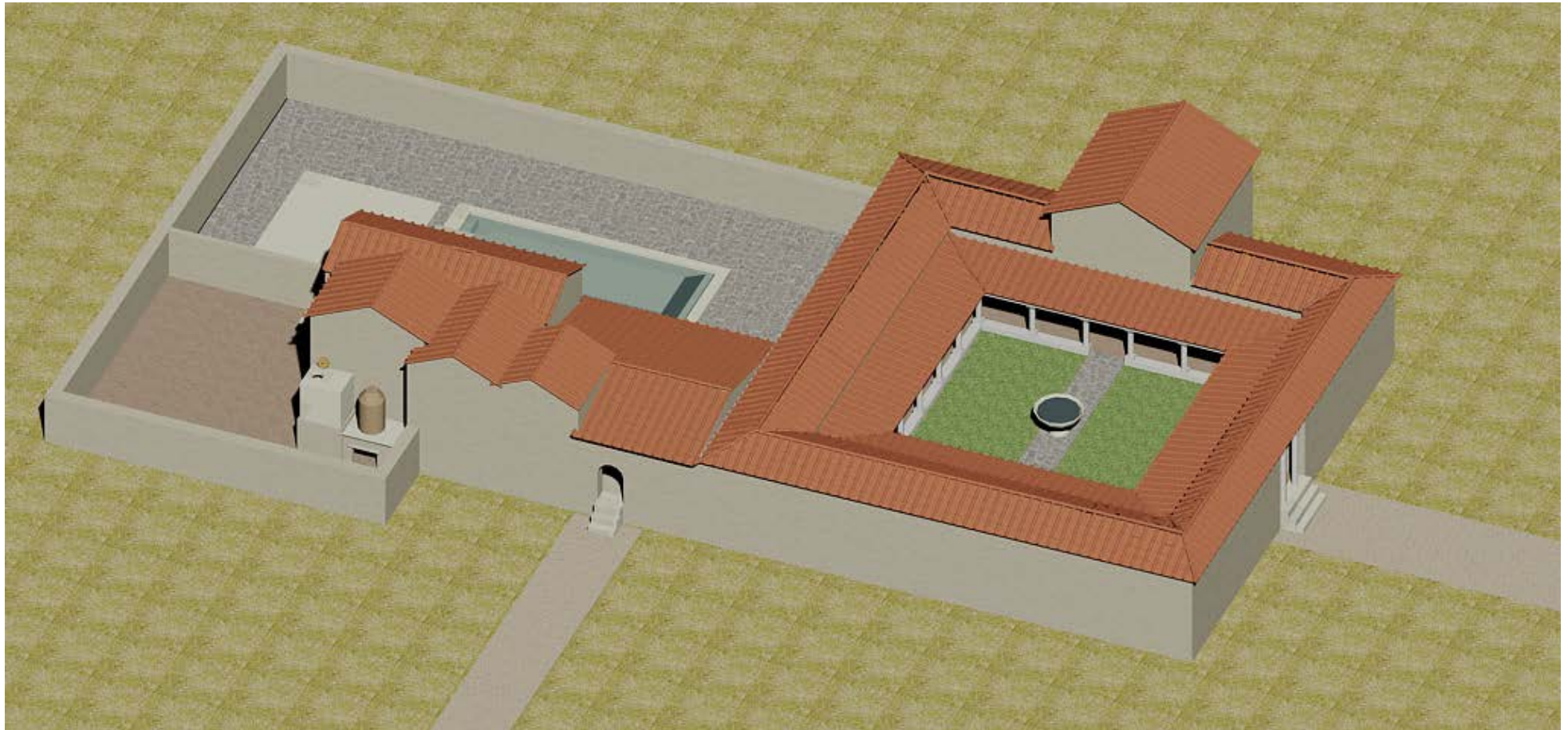
PERSPECTIVA ISOMÉTRICA SURESTE



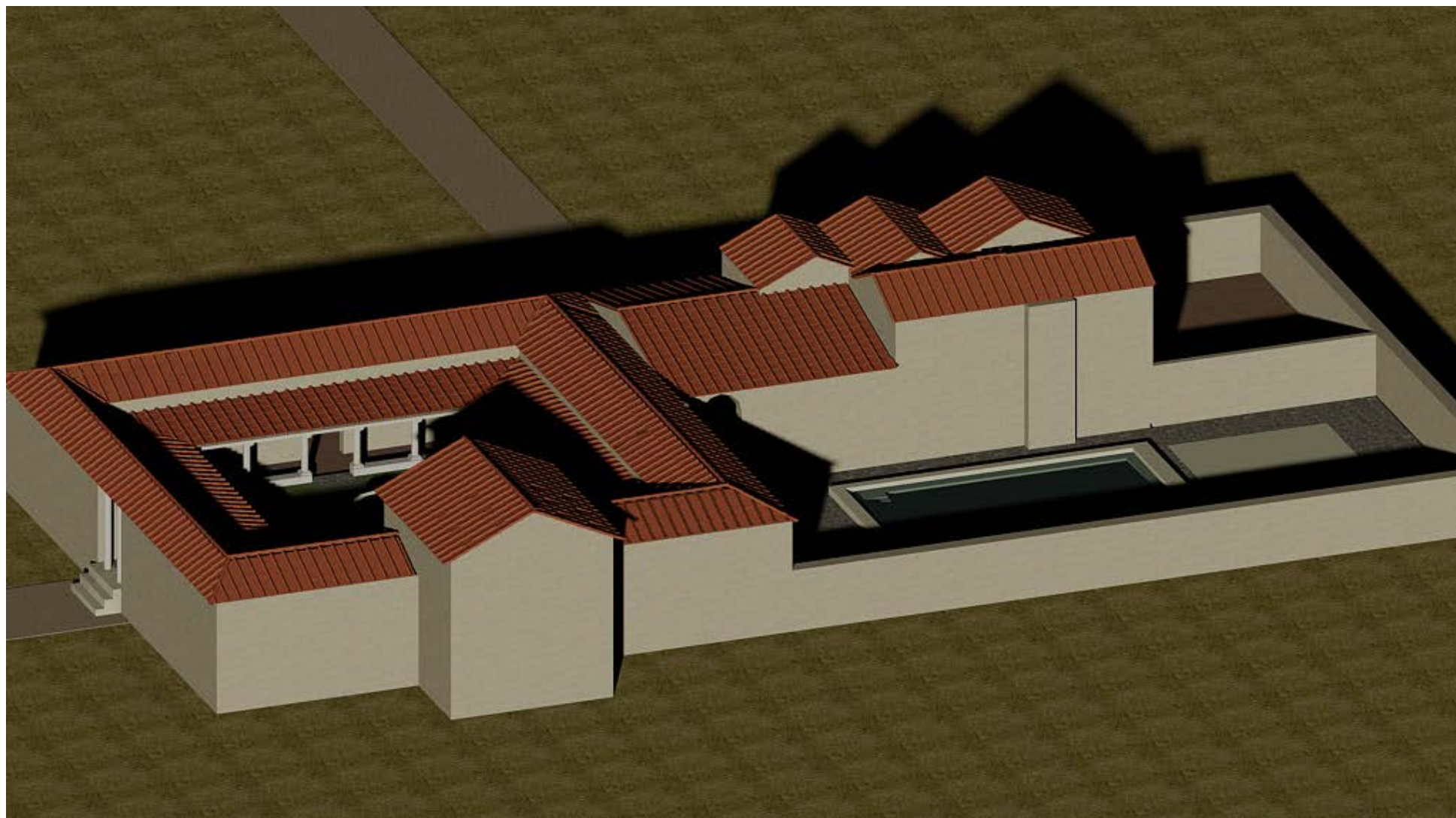
PERSPECTIVA ISOMÈTRICA NORESTE



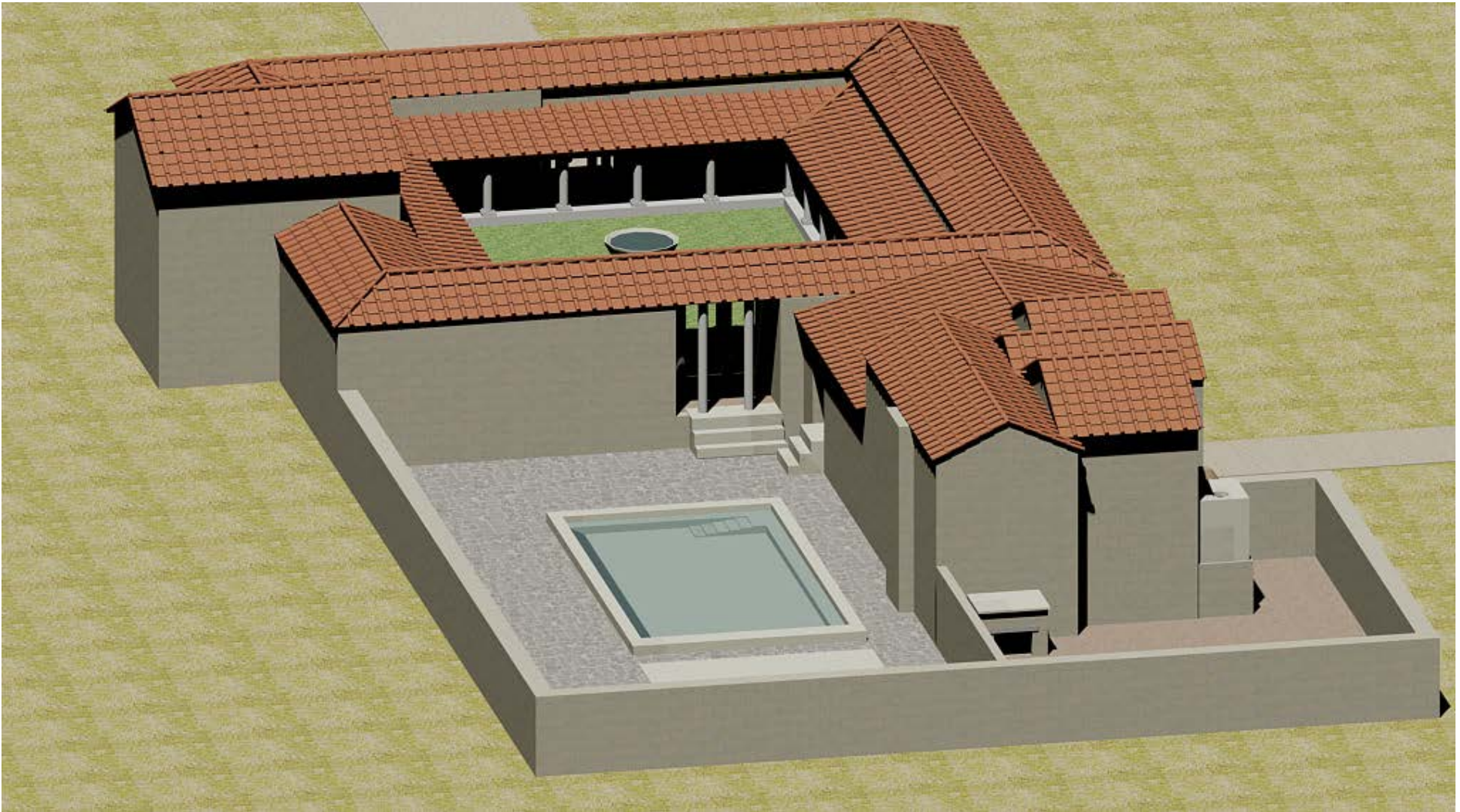
PERSPECTIVA ISOMÉTRICA NOROESTE



PERSPECTIVA ISOMÈTRICA ESTE



PERSPECTIVA ISOMÉTRICA OESTE



PERSPECTIVA ISOMÈTRICA SUR

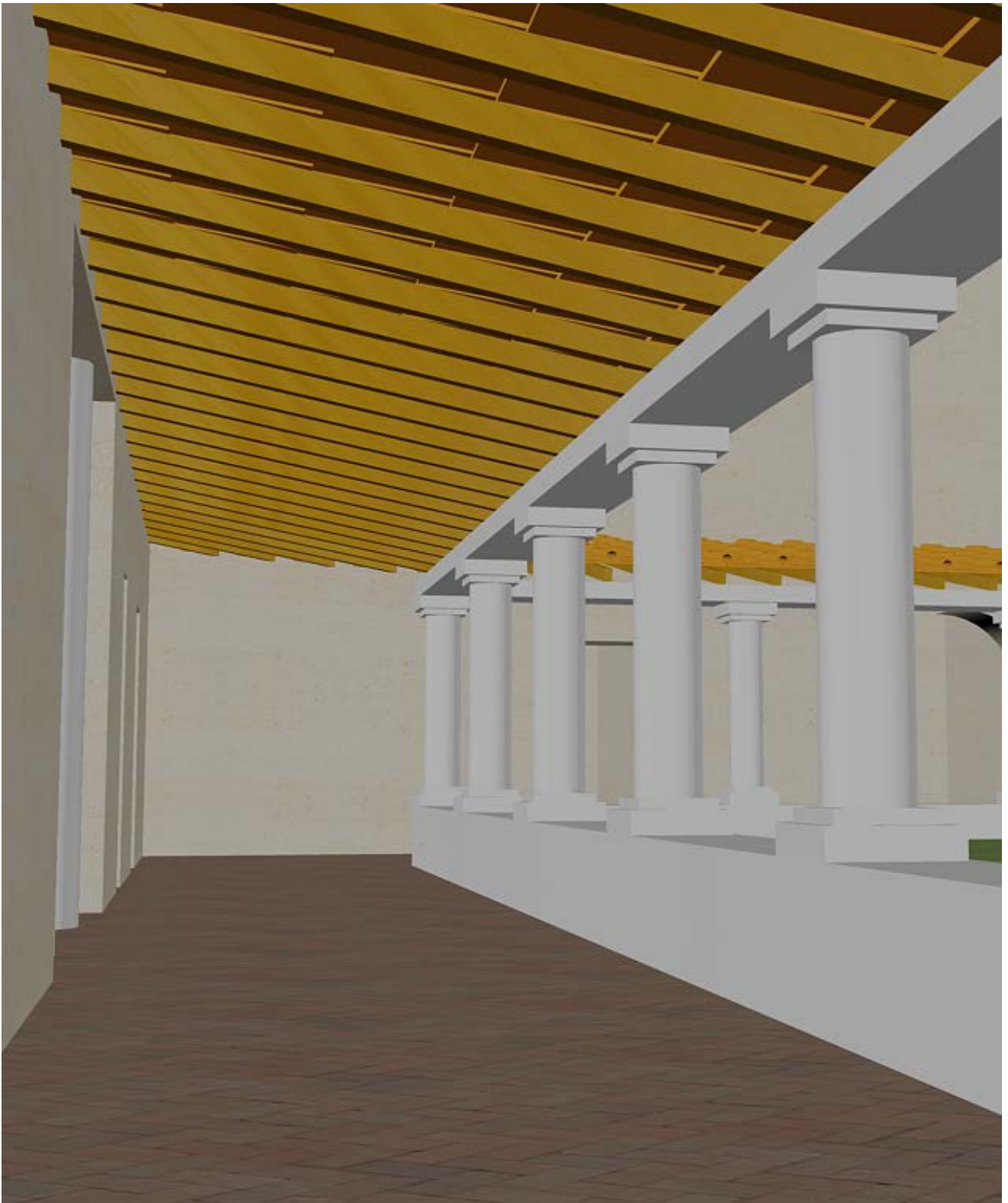


PATIO DE LA VILLA

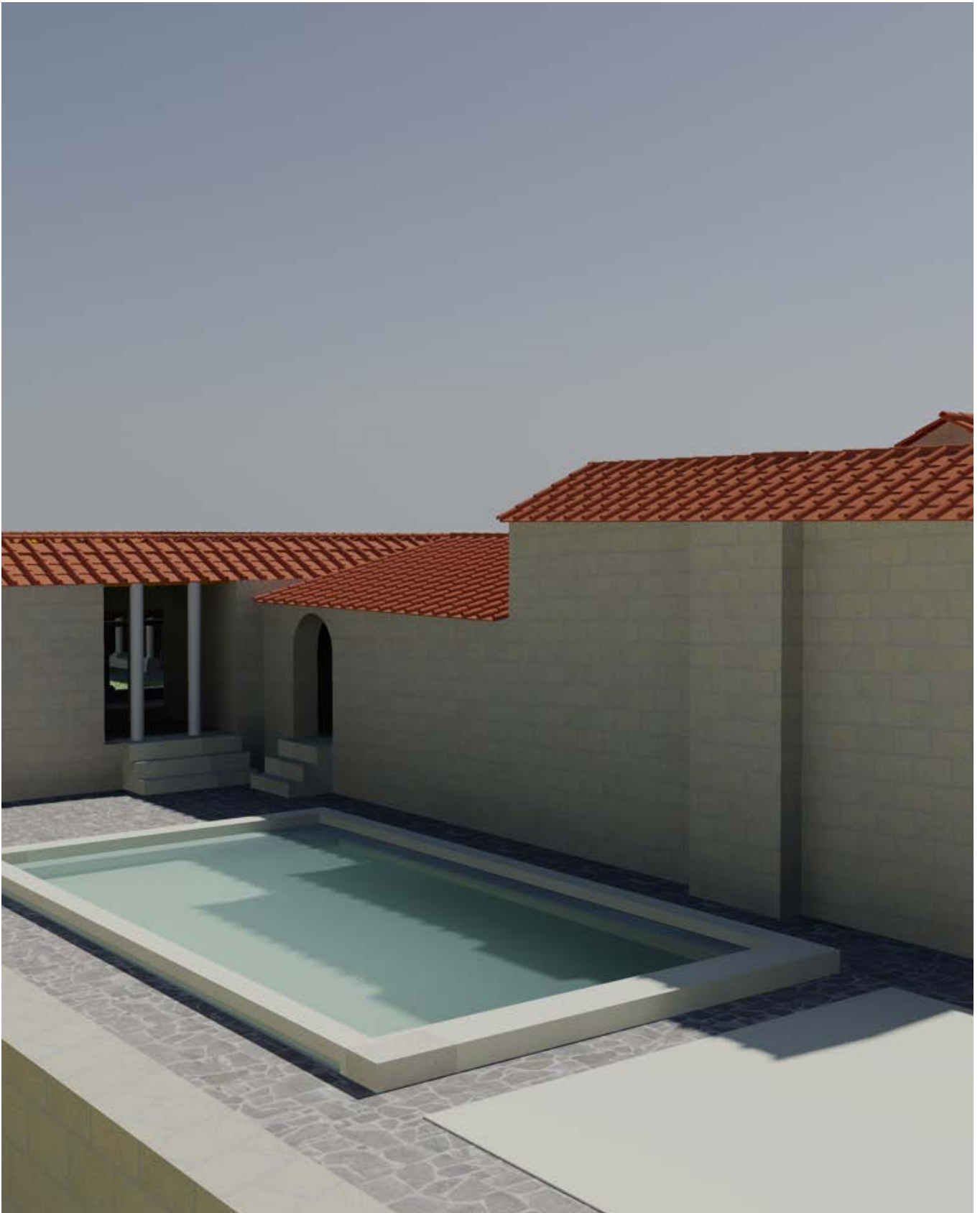


ENTRADA AL SALÓN DESDE EL PATIO





CORREDOR PERIMETRAL DEL PATIO DE LA VILLA



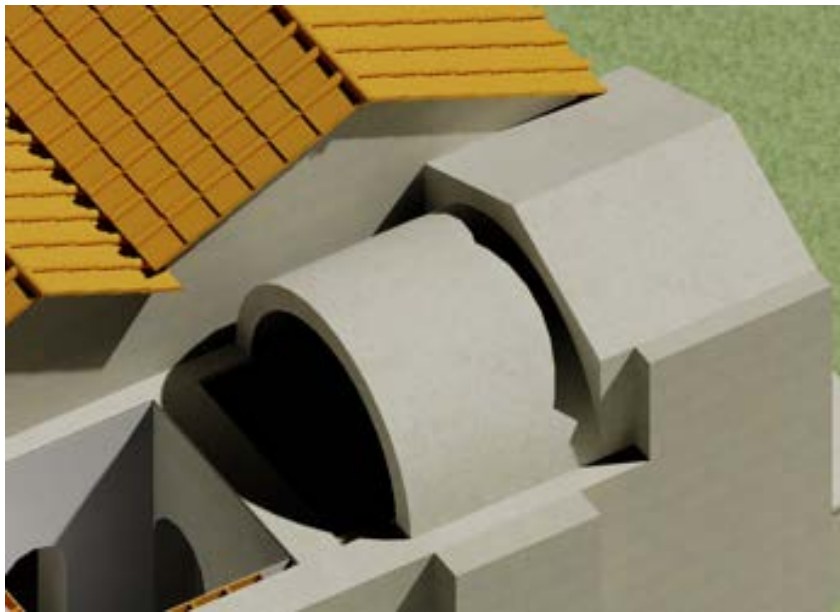
PATIO DE LAS TERMAS



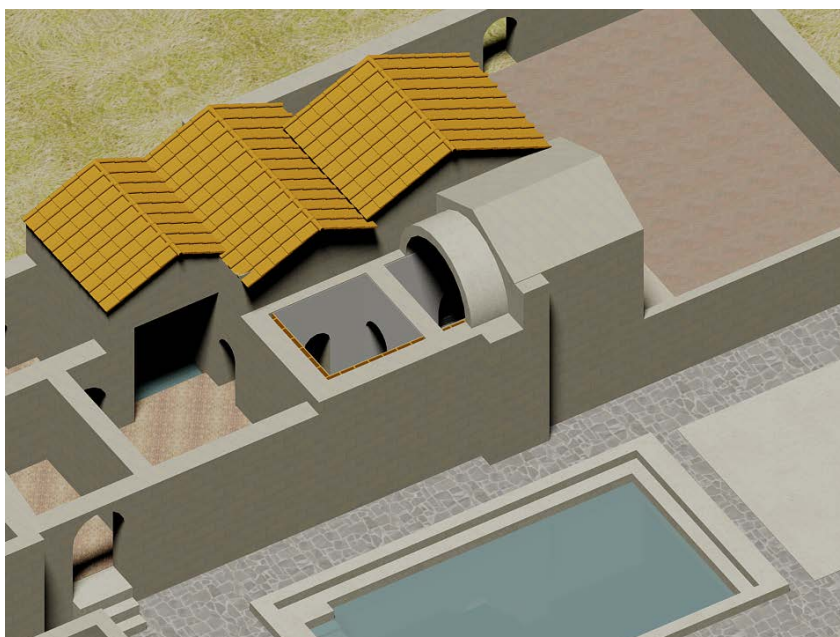
### 2.3.- TIPOLOGÍA DE LAS CUBIERTAS

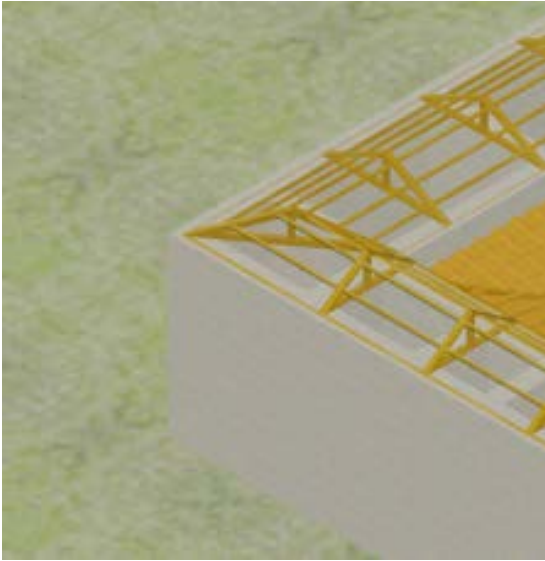
Para la ejecución de las cubiertas se utilizaban distintas tipologías. En la villa se han dispuesto las tres más representativas.

La primera es la más empleada, y sabemos que fue el sistema empleado para cubrir los espacios del circuito de las termas. Consiste en ejecutar una bóveda de medio punto de opus caementicium, y a continuación realizar con este mismo material la formación de pendientes con este mismo material utilizando áridos de poca densidad o incluso trozos de vasijas cerámicas con la finalidad de aligerar el peso de la cubierta.

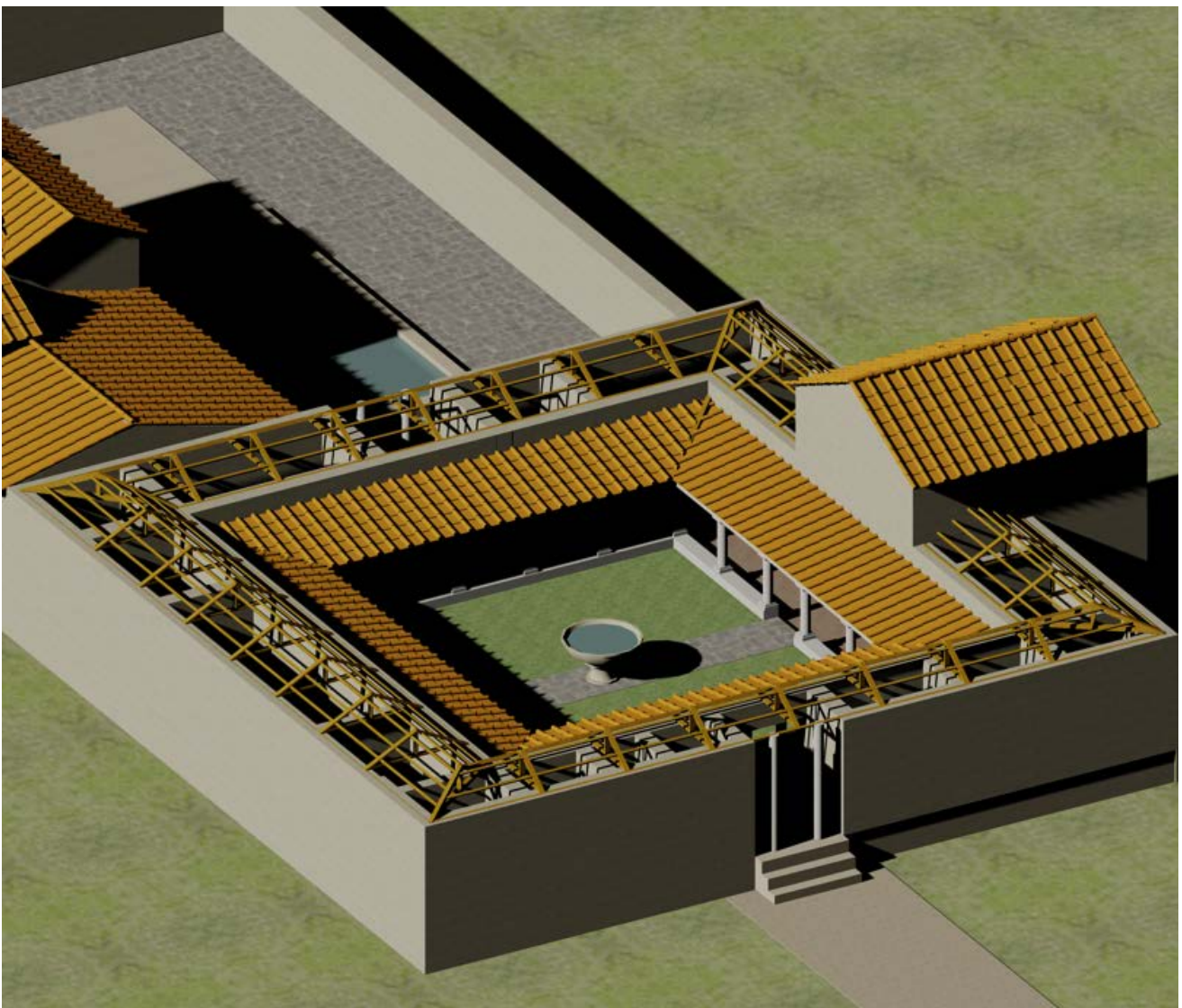


Se ejecutaba una cubierta de opus a dos aguas que se cubría posteriormente con tejas cerámicas culminadas con una cumbrera.





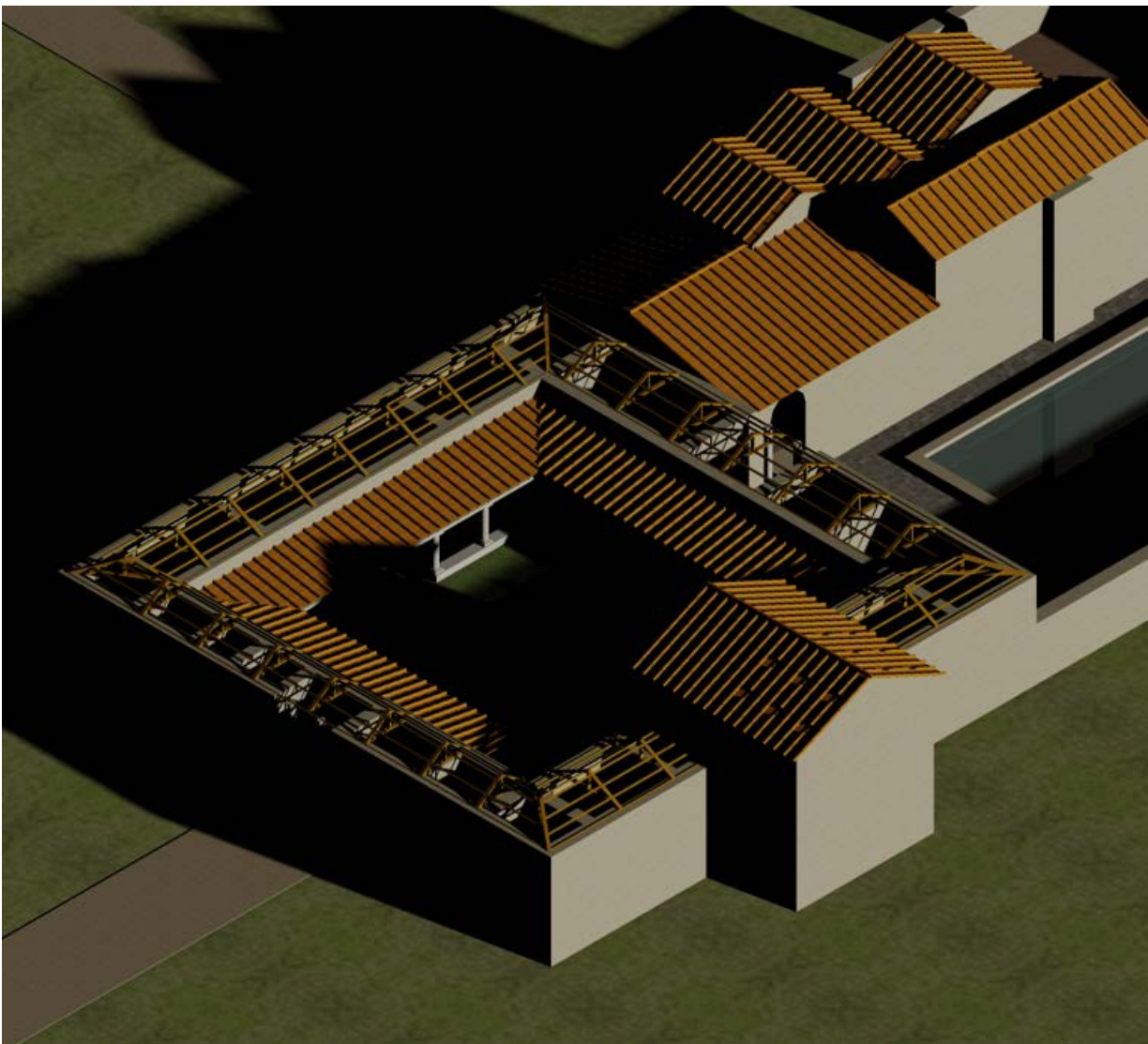
En la siguiente tipología que se muestra en las imágenes se conseguía la formación de pendientes mediante cerchas de madera. Unas cerchas de gran simplicidad y que sujetaban los listones de madera paralelos a los muro de apoyo que sustentaban las tejas.





Cada teja apoya en dos listones consecutivos, en el superior apoya directamente mientras que en el inferior apoya sobre la teja siguiente que a su vez esta sustentada por el listón inferior.

El remate de ambos aleros culminado por una cumbrera.

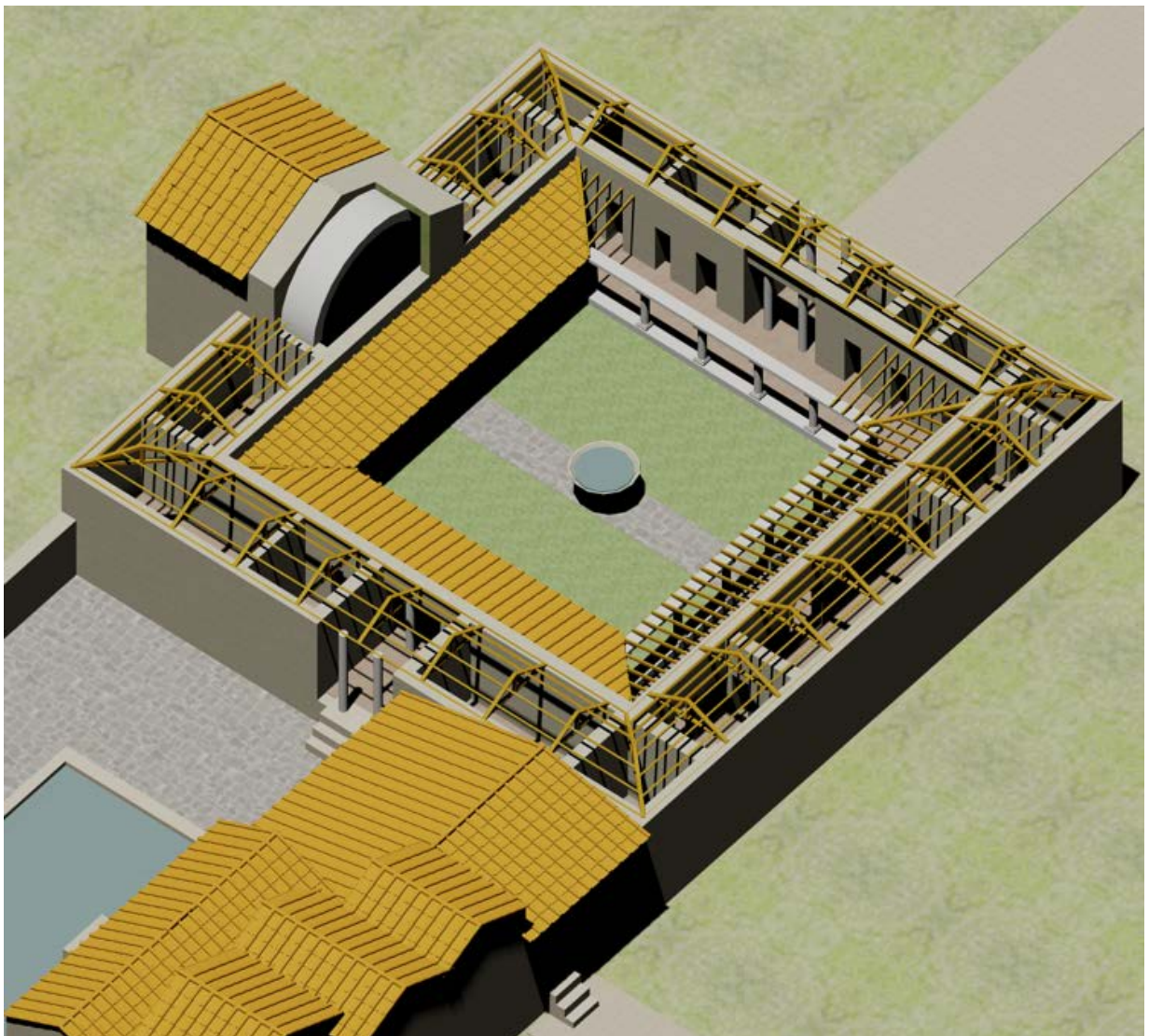




En los faldones inferiores recayentes al patio encontramos última de las tres tipologías, que aunque similar a la anterior esta no necesita de la disposición de cerchas para la formación de pendientes y los listones se colocan perpendiculares a los muros del patio. En este caso se disponen unos listones de madera de roble, que actuarán como pares. Dichos listones se introducen en el muro del patio y se apoyan en su otro extremo con la columnata perimetral del patio. La columnata se encuentra a una altura inferior a la de los mechinales donde van introducidos los pares consiguiendo así la formación de pendientes.

Las tejas apoyaran a ambos lados con los listones, ya que su separación está dispuesta de modo que por cada listón puedan apoyar dos tejas de cada hilada.

En la siguiente imagen se pueden apreciar todas las tipologías en un mismo dibujo.



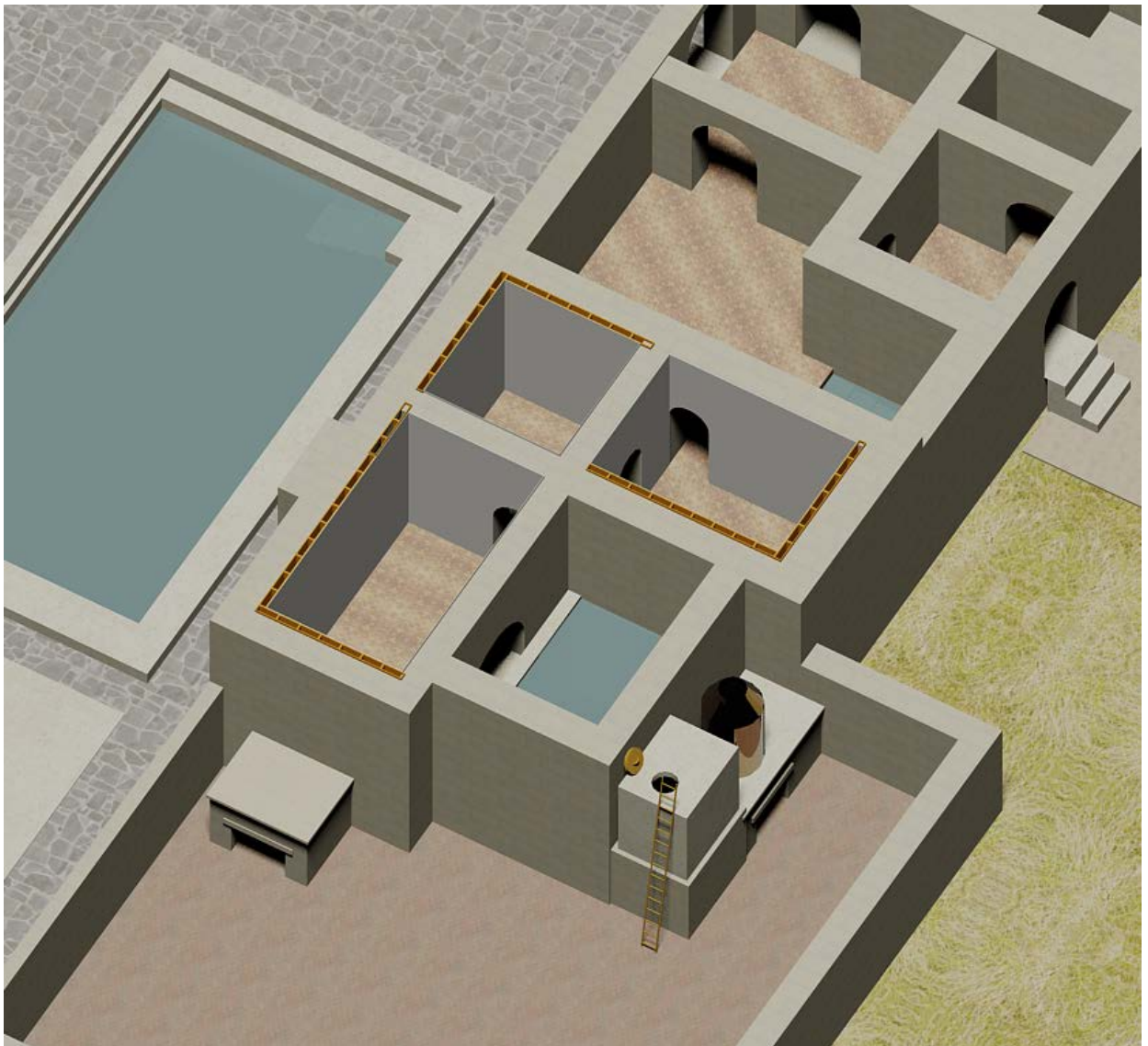


## 2.4. DISTRIBUCIÓN DE LAS TERMAS

Para acceder al interior de la terma existen varias posibilidades. La terma dispone de un acceso al exterior del recinto, a la derecha de la imagen, por el que se accede al apodyterium (vestuarios).

Otra posibilidad es la entrada desde el patio donde se encuentra la piscina y la palestra, en la parte superior de la imagen, puesto que este patio está comunicado con la villa romana situada al norte del complejo.

Y por último dicha villa está comunicada con las termas, arriba y a la derecha, desde la villa se accedía a la sala que conectava las termas con el patio exterior de la piscina y desde esta se puede acceder al frigidario directamente.



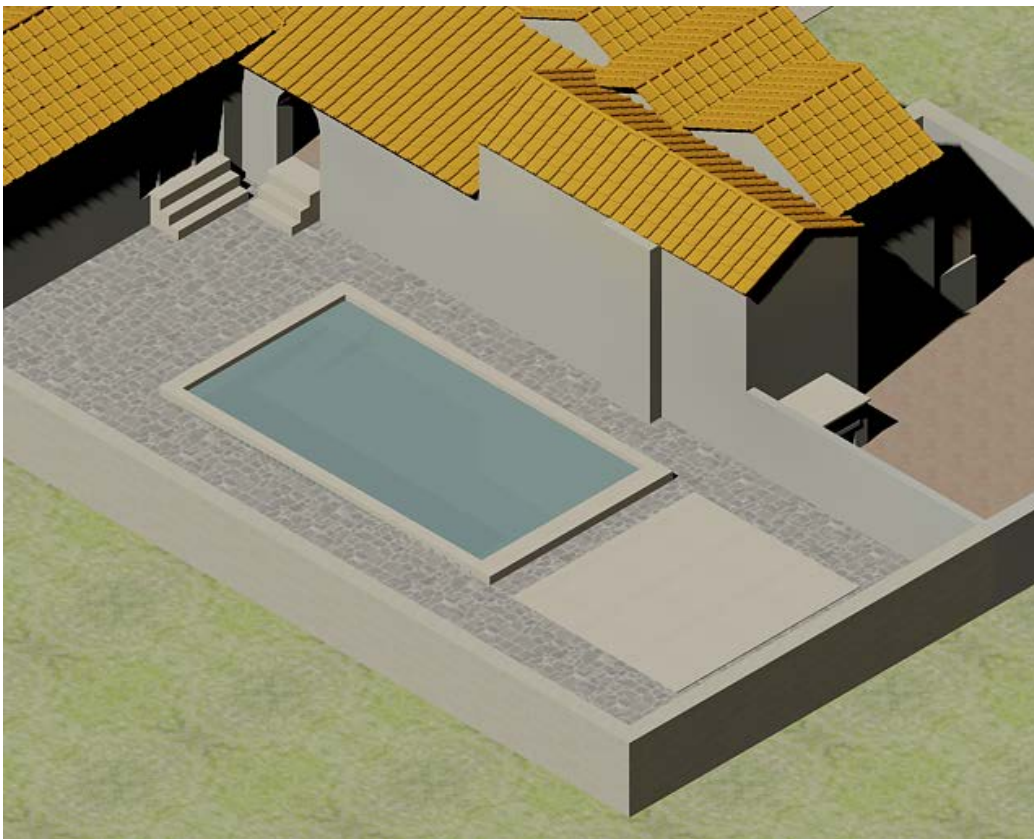


En el patio que comunica con las termas se encuentran la *natatio* y la *palestra*.

La *natatio* es una piscina de unos dos metros de profundidad con unas dimensiones de 12m de largo y 6 de ancho aproximadamente. Se empleaba para hacer ejercicios de natación, es decir para nadar largas distancias. Es posiblemente el elemento que mejor se conserva de las ruinas.



En la *palestra*, que se trata de un recuadro, era donde realizaban ejercicios de gimnasia. Practicaban levantamientos de peso o realizaban eventos, como la lucha o el boxeo.

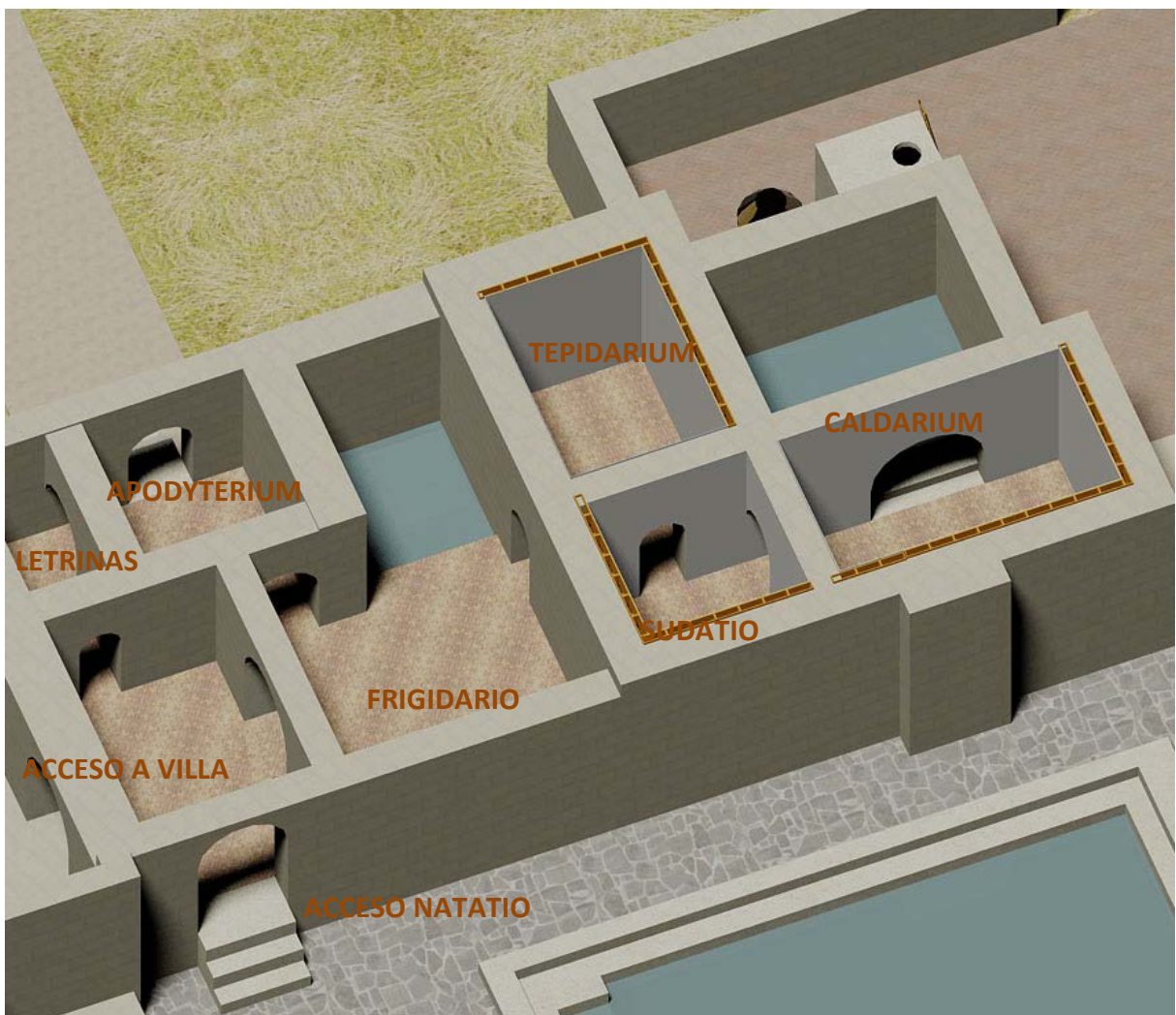






Accediendo desde el exterior del recinto se entra en el *apodyterium*, y desde este se puede acceder a las letrinas o al *frigidarium* (sala fría), la cual dispone de una pequeña piscina de agua fría. Comunicado con el *frigidarium* y con las letrinas también se encuentra la sala que da acceso a la *natatio* (piscina), esta sala es el punto de comunicación interior entre la villa y las termas.

Normalmente una vez que salían del vestuario iniciaban el circuito desde las salas más frías a las más calientes.



Desde el *frigidarium* se accede a la sala templada o *tepidarium*, sala que daba paso a la sala de vapor o *sudatio*. Por último cerrando el circuito esta el *caldarium*, compuesto por una sala caliente con una pequeña piscina al final calefactada.



## 2.5. PRODUCCIÓN, CIRCULACIÓN E INTENSIDAD DEL CALOR

La temperatura se controla mediante dos hornos conectados al espacio llamado *hipocausto*. Los hornos se encuentran en el exterior de las termas, dispuestos en el patio más al sur, este espacio está destinado para ejecutar los trabajos de mantener los hornos encendidos, así como de apilar el combustible. Utilizaban habitualmente como combustible madera.



El horno conecta con el hipocausto a través de los arcos de ladrillo



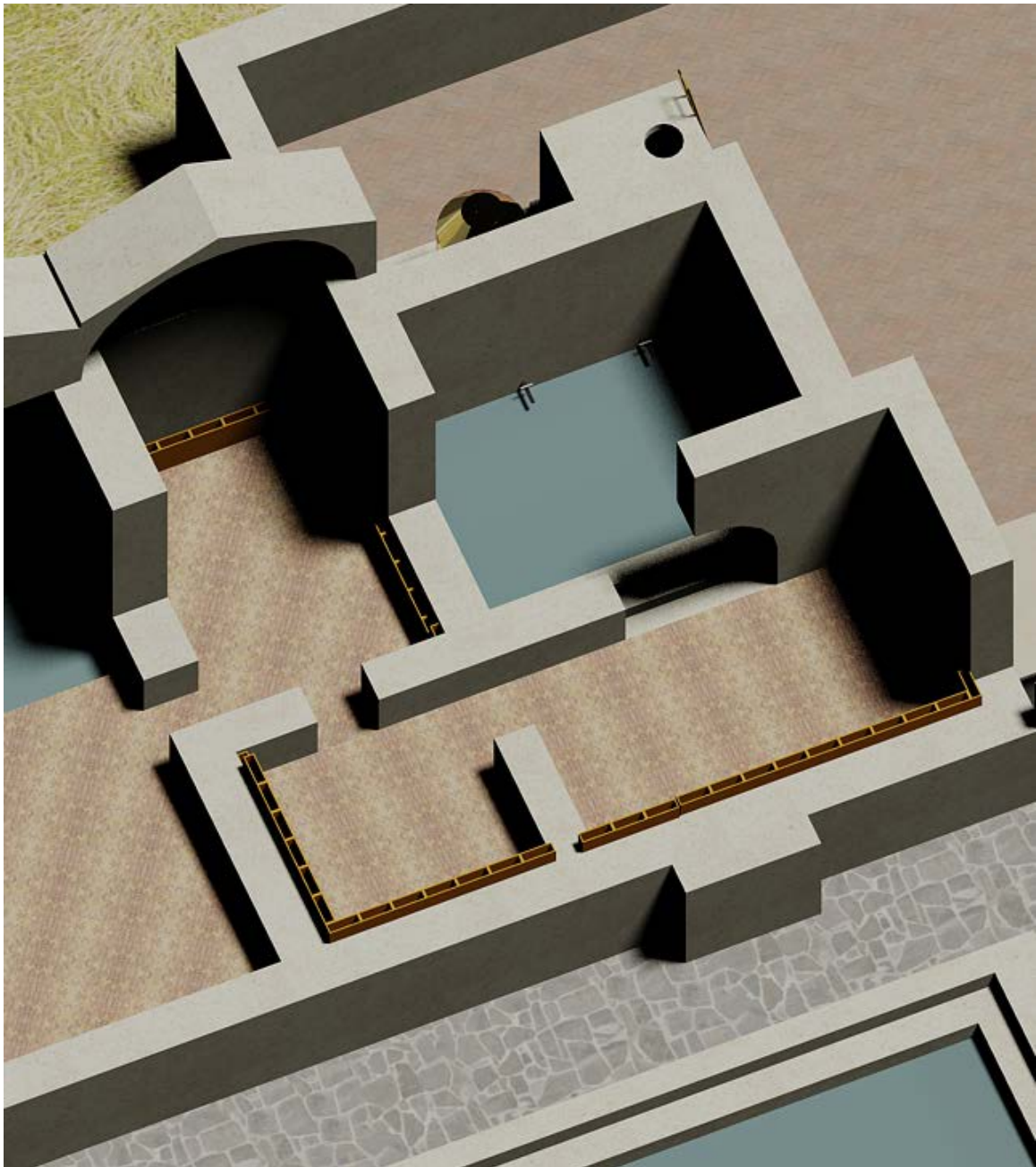
Sobre el horno situado más hacia el este se coloca una caldera metálica que alimentada por un deposito situado a su izquierda. El horno tiene un orificio superior tapado por la caldera, así que las llamas inciden directamente sobre él.



Tanto el depósito de agua fría como la caldera están conectados al interior de la sala caliente. Mediante dos conductos se controla la temperatura del flujo de agua de la piscina del *caldarium*.

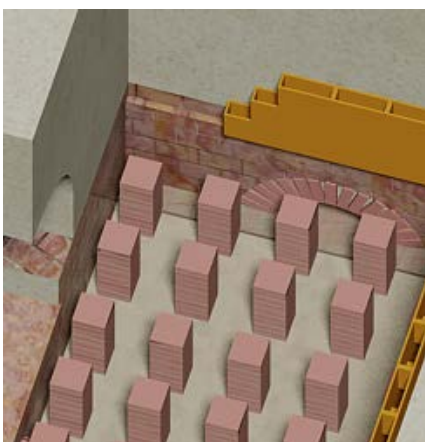
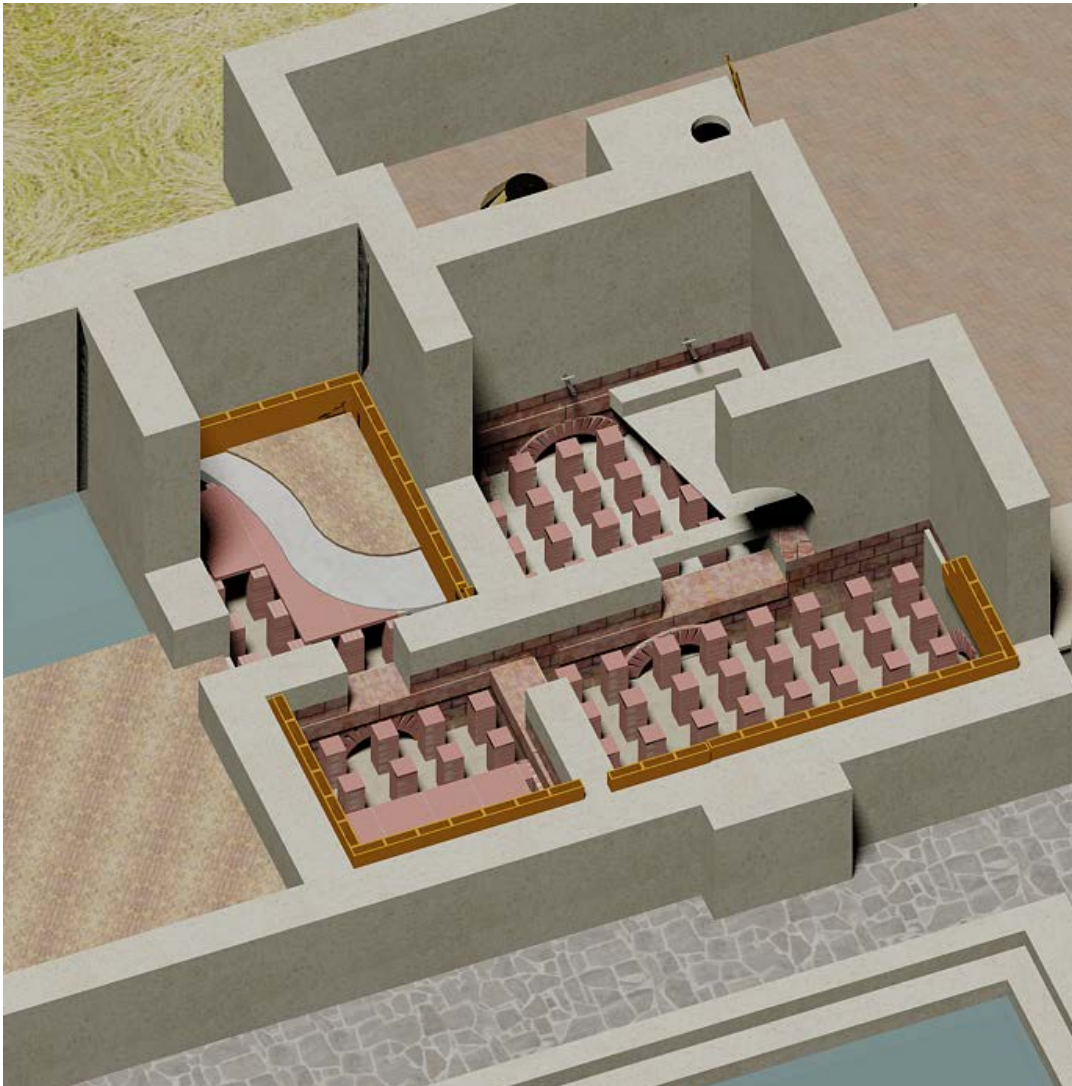


Para que el calor subiera por las paredes se colocan piezas cerámicas aparejadas que forman una cámara interior conectada al hipocausto. De tal modo que el aire calienta las paredes evacuando por las chimeneas situadas en el *tepidarium*. Estas piezas cerámicas apoyan en un pequeño escalón que se deja en el muro y en los bardos cuadrados de un pie romano teniendo especial cuidado en su montaje para no obstruir la circulación del aire por los elementos verticales.





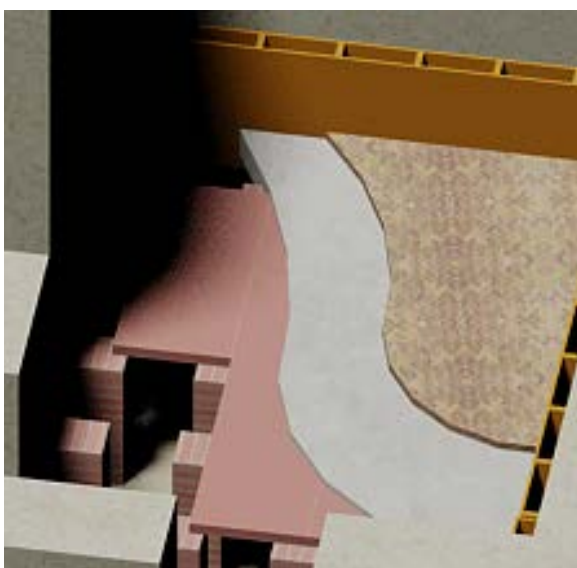
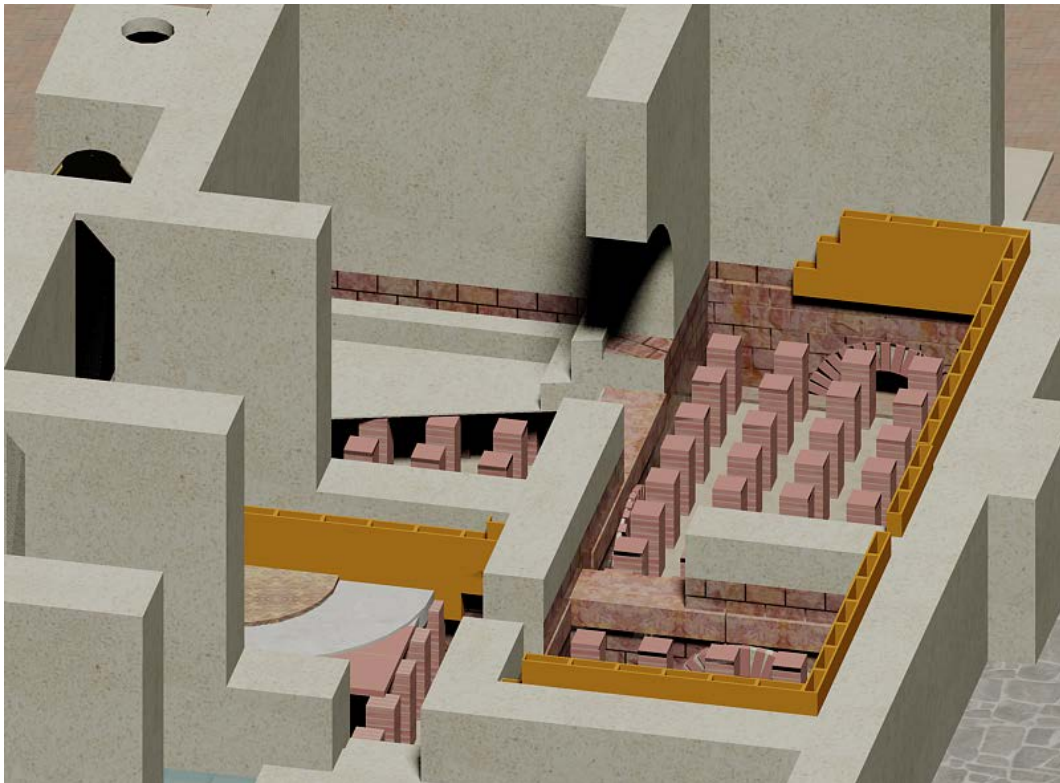
El *hipocausto* se consigue dejando el suelo a nivel con una cámara de aire inferior por donde discurre el aire caliente proveniente de los hornos.



Desde la cota cero se levantan unos pequeños pilotes cerámicos que sustentarán las capas del pavimento y a su vez permitirán la circulación del aire caliente por el inferior de las cámaras. Mientras que los elementos cerámicos de la ventilación vertical irán apoyadas en pequeño escalón perimetral que se deja en el intradós del muro.



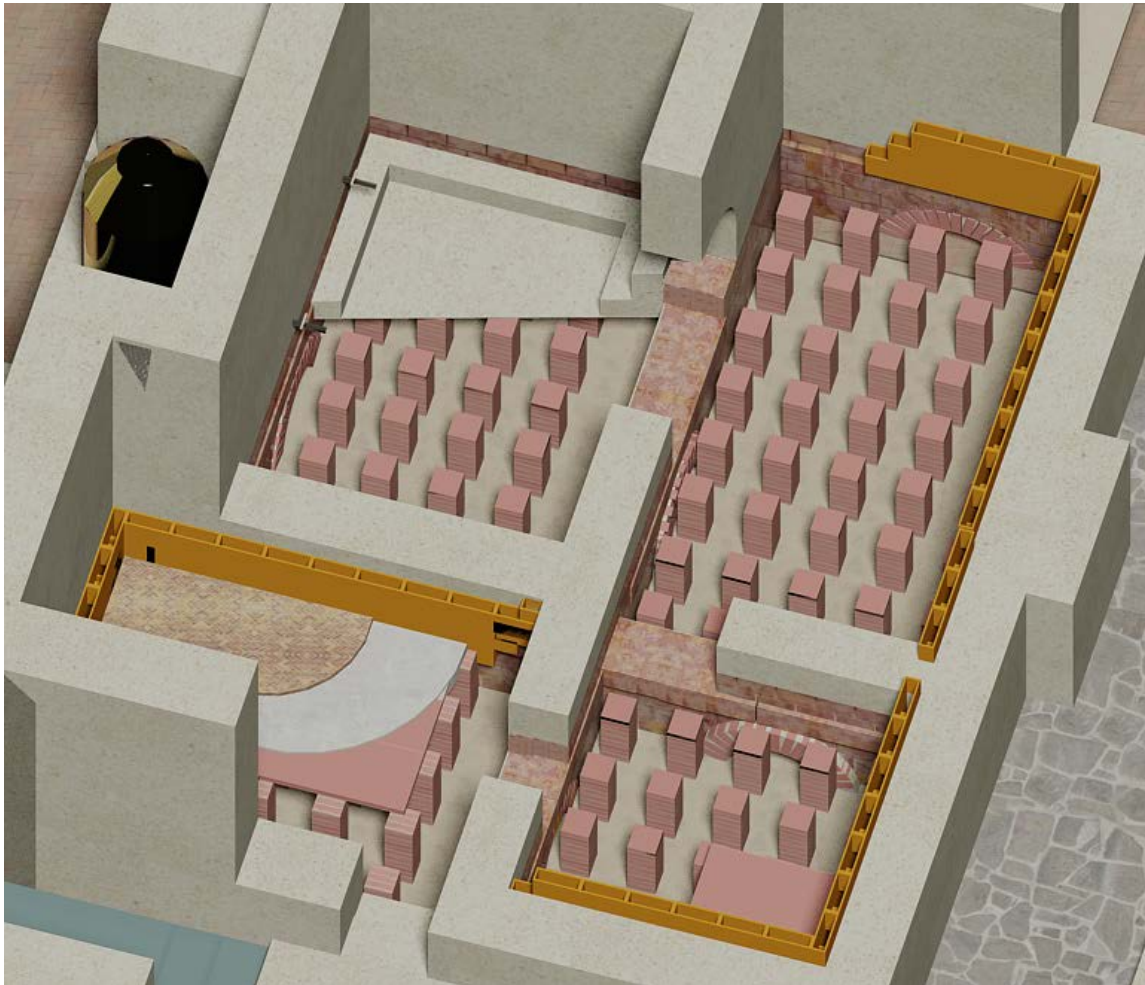
Sobre los pilotes se colocan apoyados los bardos de 60x60cm aproximadamente. Y sobre estos se coloca una capa de opus caementicium de unos 10cm aproximadamente, dicha capa de opus recibirá el pavimento además de actuar como capa de compresión de los bardos cerámicos.



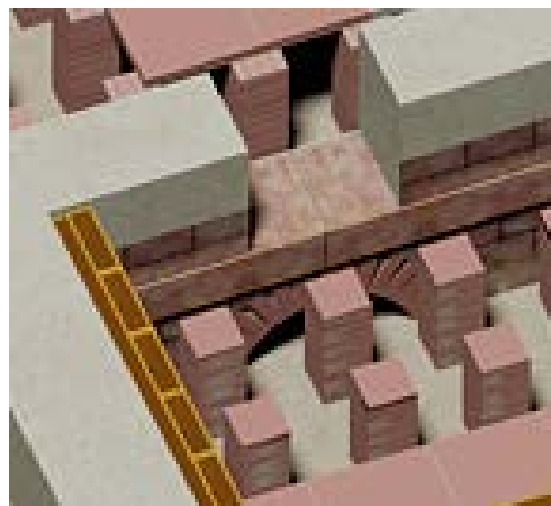
Detalle de las capas del pavimento.



Cabe destacar el conocimiento que tenían sobre las diferentes propiedades de los pétreos. Para una mayor eficiencia y debido a que las temperaturas son muy elevadas en el interior del hipocausto se emplean piedras refractarias en la parte baja del muro. El pétreo empleado es el rodeno, utilizándose en el intradós desde la mitad de la sección del muro en todo el perímetro del hipocausto.



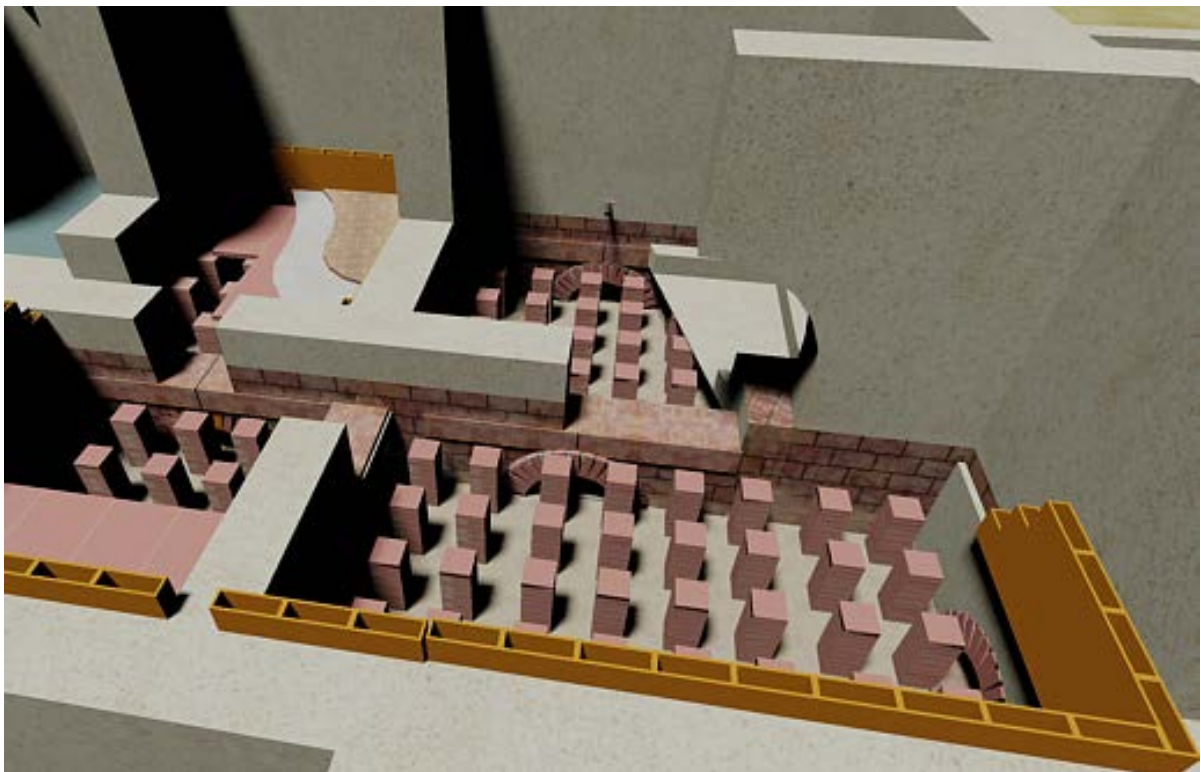
La circulación del aire entre salas es posible a través de los arcos de ladrillo que comunican las salas del hipocausto. Sobre cada arco se colocan dos piezas de rodeno de gran tamaño que actuarán como dintel, para que todo el peso del muro no descargue sobre el arco, descargando los esfuerzos a los lados.





El aire caliente entra por los dos hornos situados en el *caldarium*, uno al este de la sala bajo la piscina y el otro a sur. Circula a través del hipocausto y sube por las paredes llegando hasta las conducciones de la bóveda.

Desde el *caldarium* comunica con la *sudatio* o *laconicum*, sala de vapor. Cuando llega a esta sala el aire ya ha perdido parte de su temperatura y se distribuye del mismo modo que en la sala caliente.



La *sudatio* comunica, a través del espacio bajo el arco, con el *tepidario* o sala templada. El aire en esta sala conserva parte del calor originado por los hornos, ya que al ir circulando por las distintas salas va perdiendo su calor. La distribución del aire por las cámaras de aire es igual que en los casos anteriores con la diferencia de que el aire, que sube por la cámara de aire de la pared más al este del *tepidario*, evacúa a través de la chimenea.

Dependiendo de la intensidad del flujo de aire deseado se abre o cierra la oquedad de la chimenea, abriéndola para aumentar la velocidad de la circulación del aire y cerrando en parte cuando se desea que el aire discurra con menos intensidad.





### 3.- MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN EN ÉPOCA ROMANA



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA





### 3.1.- Mampostería y sillería.

La **PIEDRA** que comenzaron utilizando los romanos fue la que tenían más a su alcance, la *toba* (o *tufo*) de procedencia volcánica, pero de poca consistencia. También de procedencia volcánica era el *peperino*, que resistía el fuego. A finales de la República se difundió más el *travertino*, toba calcárea de mejor calidad y apariencia. El **MÁRMOL**, tan típico de los griegos, se introdujo con cierta dificultad entre los romanos, que tenían que importarlo, hasta que más tardíamente, con el emperador Augusto, se comenzó la explotación de las canteras de mármol de Carrara. Se usó el mármol más bien para la decoración de edificios suntuosos y su utilización no se generalizó hasta la época imperial.

En la construcción de edificios y obras públicas se han empleado, en general, todo tipo de piedras salvo las más disgregables. La elección de la piedra depende de muchos factores: resistencia, durabilidad, facilidad de labra, etc. La cercanía de la cantera era asimismo importante. Por otra parte, si la piedra va al exterior, formando un paramento externo, debe ser capaz de resistir las inclemencias del tiempo: lluvia, heladas, cambios de temperatura. El fenómeno es muy complejo y Vitruvio (II, 7) recomendaba para verificar la calidad de una cantera nueva dejar unas piedras expuestas al aire libre durante dos años. Transcurrido este tiempo, aquellas que estén sanas, «aprobadas por la Naturaleza», dice Vitruvio, «se podrán utilizar y resistirán en la construcción de paredes exteriores».

Las propiedades mecánicas de las piedras sólo se empezaron a estudiar de forma científica a partir de mediados del siglo XVIII. Hasta entonces los constructores habían recurrido a la observación de ejemplos construidos: si esta piedra o fábrica ha subsistido durante varias generaciones, eso demuestra que es buena. Hacia 1750 Perronet y Soufflot realizaron los primeros ensayos sistemáticos y en 1774 Gauthey publica los primeros resultados y compila extensas tablas de ensayos que fueron incluidas en su póstumo *Traité des ponts* de 1809. Durante todo el siglo XIX se acumula una gran cantidad de datos sobre resistencia de las piedras.

A raíz de la generalización del Opus Caementicium como material estructural, la piedra vio reducido su uso fundamentalmente al empleo como elemento de revestimiento de muros, suelos e incluso bóvedas. Inicialmente estas superficies, en época republicana, se recubrían con estuco, pero a partir de época imperial comenzaron a revestirse con ricos mármoles.



Como es natural, a lo ancho del imperio se emplearon piedras y mármoles de diversos tipos, según las disponibilidades del lugar (aunque no era extraño importar mármoles y otros materiales nobles para edificios de especial riqueza). También utilizaron el granito y el alabastro y algunos pórfidos en interiores. En épocas posteriores muchos de estos materiales fueron arrancados de los elementos que revestían y reutilizados en otras edificaciones.



### **Diferentes formas de aparejos**

#### **Opus Siliceum**

Toman este nombre un conjunto de fábricas pétreas donde grandes bloques encuentran distintos grados de labra. Las piedras son careadas (alisadas en su cara externa) para definir la verticalidad y estética del muro, a la vez que son concertadas y casi engatilladas (preparadas o arregladas para su mejor asiento y ajuste), para organizar un muro de rudos sillares colocados a hueso (sin mortero). Estas fábricas ciclópeas, primitivas y rudas, eran apropiadas para murallas y cimentaciones, pero más tarde se fueron consolidando en la construcción pública y doméstica disminuyendo el tamaño de los sillares y mampuestos, y homogeneizando las formas de los mismos. Así de la apariencia ciclópea informe, se pasó a la de una fábrica poligonal irregular, y de aquí a la poligonal regular, para alcanzar su mayor cuidado y maestría en la elaboración de una mampostería trapezoidal regular.

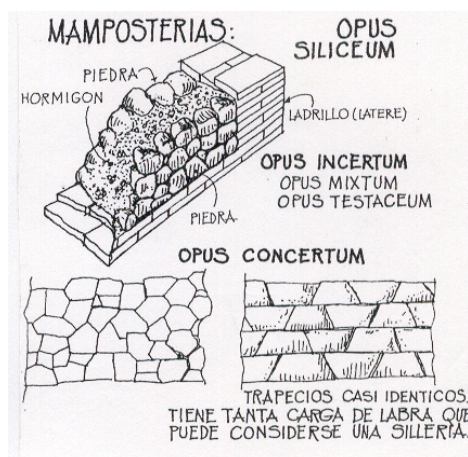
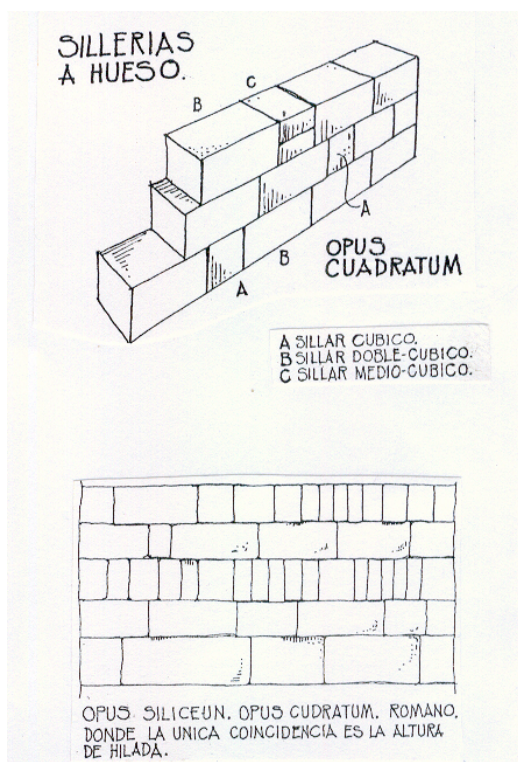


### Opus Quadratum.

Se daba este nombre al conjunto de silleras pétreas compuestas por bloques, más o menos, bien escuadrados y regulares. De éstos, en principio, la dimensión que debía mantenerse constante era la altura, de manera que todos fueran compatibles en cualquier altura de hilada. Por ello la altura de cada bloque respondía al doble de la dimensión del "pie" (el piede itálico disponía de 30,8 cm. y el piede romano medía 29,6 cm.), de esta manera la altura del sillar o de la hilada podía medir 61,5 cm. o 59,2 cm. Según se trabajase con el pedale itálico o con el pedale romano. La longitud del sillar se movía entre los 3 pies y 3 1/2 pies; el espesor lo hacía entre 0,8 pies y 1 1/2 pies. Resultaban sillares frecuentes los: 106 x 61 x 53 cm<sup>3</sup>. y 91 x 61 x 30 cm<sup>3</sup>. en el primer supuesto y los: 89 x 59 x 41 cm<sup>3</sup>. y 89 x 59 x 27 cm<sup>3</sup>. en el segundo.

Para trabar los sillares en el muro se colocaban piezas a perpiaño (mostrando la cara menor al exterior del paramento), e incluso hiladas completas de estos sillares atravesados.

Cuando todos los sillares eran iguales solían mantenerse en la relación 3x2x1 1/2 pies<sup>3</sup> (90x59x45cm<sup>3</sup>.), y si todos presentaban su cara mayor al paramento, se definía su aparejo como isodomo. En tanto que si, dentro de la hilada, se alternaba la cara mayor con la menor, se decía, de su aparejo, que era diatónico.





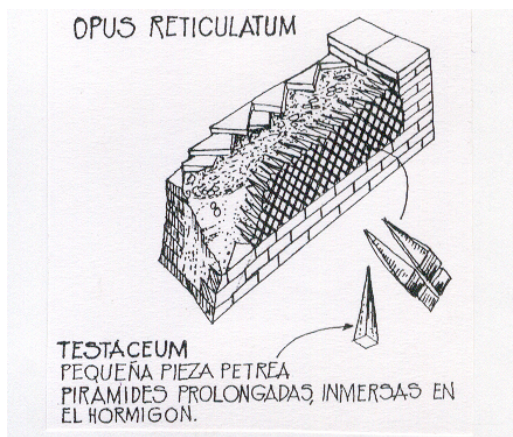
### Opus Incertum.

Es una fábrica de mampuestos irregulares, generalmente de tufa o piedra porosa, tomados con abundante mortero. Por ser económica, frecuentaba la construcción tanto de edificios públicos como la de la arquitectura doméstica. En muchas ocasiones, constituía la plementería o relleno de las paredes de estructuras cruzadas por maderos (opus craticium). En esta forma, aún la podemos ver en las casas pompeyanas.

En el siglo I a.C. fue muy frecuente que así se mostrasen los muros constituidos por un núcleo interior de opus caementicium. Pero tanto estas fábricas como las llamadas "opus reticulatum" debieron perder, fácilmente, parte de sus revestimientos de mampuestos, pues Vitruvio en el Capítulo VIII de su Libro 11 las califica como bellas, pero las tacha como malas por el citado problema.

### OPUS RETICULATUM

Se trataba de una fábrica mixta cuyos paramentos lucían una retícula diagonal, muy regular, formada por las bases de pequeñas pirámides muy pronunciadas o piezas pétreas de toba o piedra volcánica que, a modo de largas muelas o incisivos, quedaban ancladas al opus caementicium interno. Esta bella fábrica era laboriosa y de difícil ejecución, en consecuencia bastante cara, por lo que quedó limitada a edificios lujosos o a zonas o partes suntuosas de ellos. Estos paramentos habían de ser enmarcados por el opus latericium.





## MIXTO

### **OPUS AFRICANUM (SILLERIA Y MAMPOSTERIA)**

Técnica de construcción de muros, constituida por cadenas verticales de bloques de sillares de grandes dimensiones, alternando horizontales con verticales.



### **OPUS MIXTUM (SILLAREJO Y LADRILLO)**

Tomaron este nombre todas las fábricas que se labraban acordando materiales distintos. De las muchas combinaciones que uno puede imaginarse o suponer, es frecuente encontrarse un opus incertum terminado en sus esquinas con un opus latericium. De la misma forma, encontramos al opus reticulatum enmarcado en un aparejo de ladrillo e igualmente el aparejo ladrillo "opus testaceum" podía encontrar el refuerzo de las esquina del edificio mediante un opus quadratum isodomo. Atendiendo a la constitución interna de la fábrica, también un opus caementicium formaba, con un aparejo externo de ladrillos triangulares, un opus mixtum.

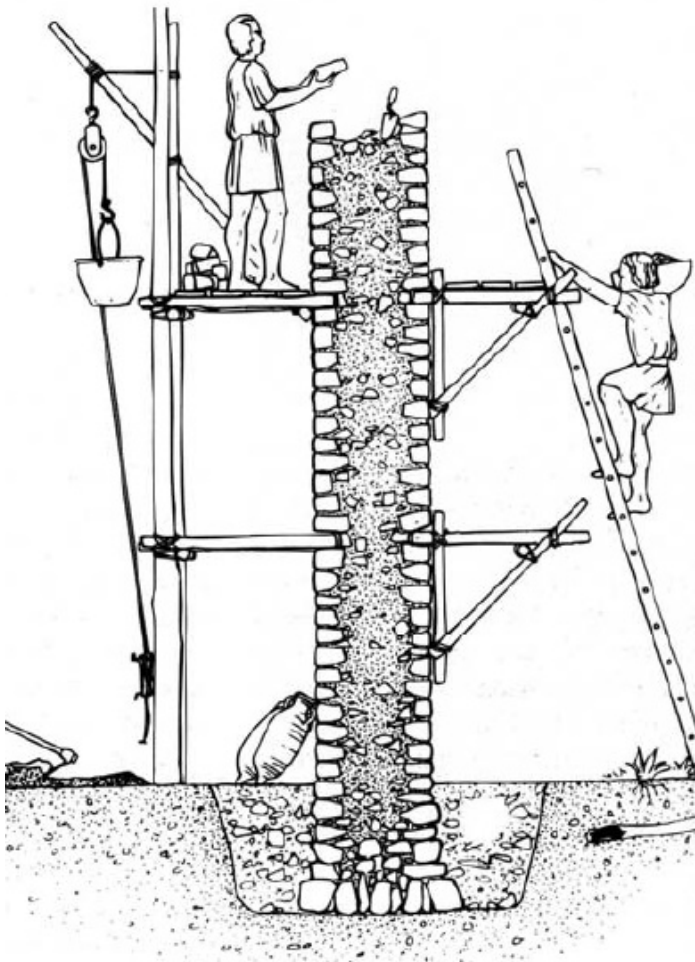


### 3.2.- Hormigón romano.

El hormigón romano era bastante diferente en su composición al hormigón actual. El único aglomerante que se conocía desde el siglo IV a.C. era el mortero de cal aérea, compuesto de cal grasa, arena y agua. Alrededor del siglo II a.C., los romanos aprendieron a usar la pozzolana o puzolana, un tipo de ceniza volcánica presente en la península itálica, que producía un mortero de gran monolitismo y dureza.

Este mortero hecho con pozzolana presentaba la notable propiedad de fraguar en contacto con el agua debido a su alto contenido en silicatos, haciendo que fuera excepcionalmente útil para usos portuarios, a diferencia del mortero de cal grasa (que no fragua, sino que endurece por carbonatación mediante un proceso que además es reversible), el cual presentaba un mal comportamiento en presencia de humedad. Para la obtención de esta mezcla empleaban 12 partes de puzolana, 6 de arena, 9 de cal y 16 partes de piedra. Los elementos se vertían en seco dentro de los moldes, añadiendo con posterioridad el agua y ejerciendo un enérgico batido. Las posibilidades que presentaba el conjunto de mortero de cal y puzolana influyeron decisivamente tanto en las fábricas de muros como en el elemento más representativo de la construcción

romana: el arco y sus formas asociadas. Este pétreo artificial, el hormigón, gozaba de grandes ventajas frente a la piedra natural. El empleo de **Opus Caementicium** evitaba el proceso de extracción, labrado y transporte de la piedra y además reducía el tiempo de ejecución. Además la preparación, amasado y levantamiento de los materiales que se necesitaban para el hormigón no precisaba obreros de gran cualificación, a diferencia de lo que ocurría en la construcción de muros de piedra. El hormigón se vaciaba en un molde de cualquier forma y a cualquier escala, cuyo único defecto era que, al endurecer y desencofrarse, quedaba al descubierto una





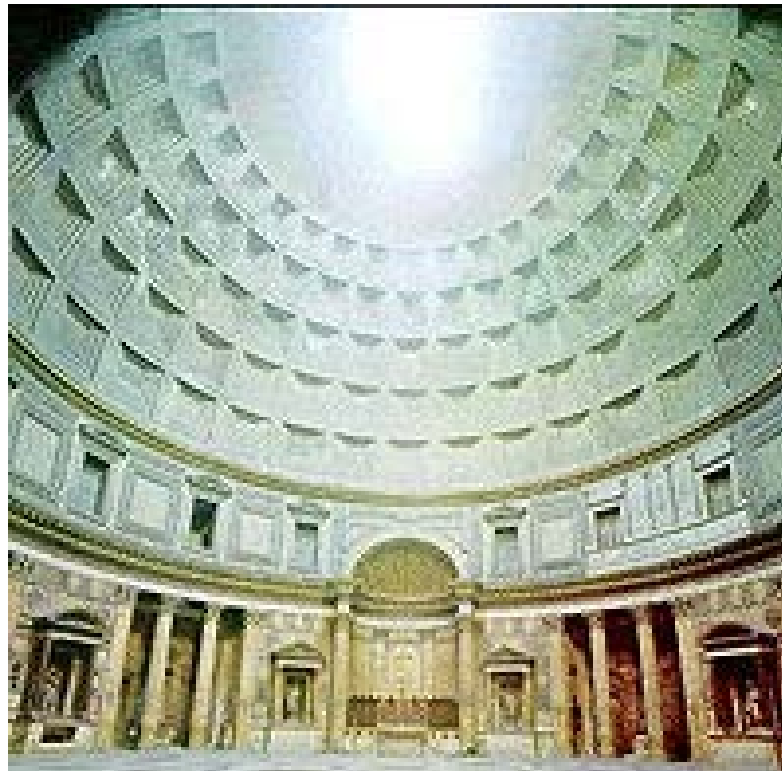


superficie poco resistente al agua y escasamente presentable visualmente, lo cual obligaba necesariamente a la colocación de un revestimiento permanente. Los romanos desarrollaron varias formas de revestimiento en un proceso de evolución que estudiaremos cuando hablemos de la formación del muro.

La puzolana necesitó también de un proceso de adaptación, experimentación y evolución antes de generalizarse su uso, hecho que se produjo hacia la segunda mitad del siglo I d. C. bajo el mandato de los emperadores de la dinastía Flavia. Se afirma que, en un principio durante más de dos siglos, la puzolana se empleó sin cocer, mezclada con cal aérea, para rellenar el núcleo interior de los muros pues ahorraba mortero de cal y facilitaba el fraguado, aun en el caso de trabajos en lugares húmedos. En palabras de Vitruvio:

"...Se unen súbitamente en un cuerpo y se endurecen por instantes, consolidándose en el agua de modo que no bastan a desatarlas ni la violencia de las olas, ni ninguna otra fuerza de las olas."

También se utilizó en un principio para la construcción de arcos, aunque siempre como una solución menor, y sólo después de que se construyera con ella la Domus Aurea de Nerón pasó a erigirse en un elemento decisivo para la construcción romana. Desde ese momento las posibilidades fueron ilimitadas dando como resultado, en el corto plazo de sesenta años, la construcción de la cúpula de mayor luz realizada en toda la Historia de la Arquitectura: el Panteón de Adriano.

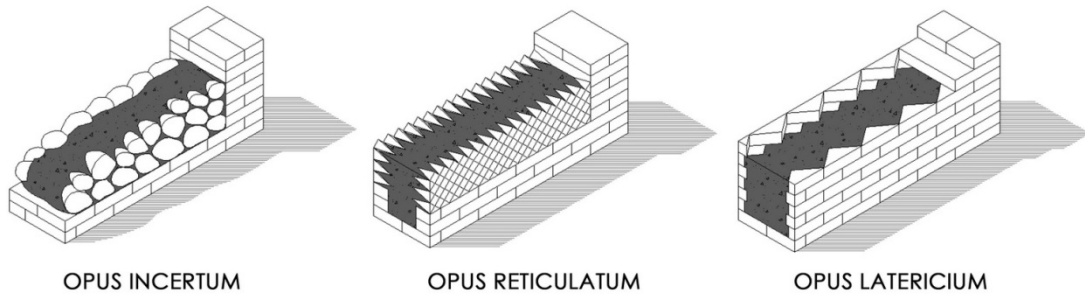




### Opus Caementicium

Elementos verticales de carga compuestos por una cara exterior de piedra que hacía de encofrado perdido y un núcleo de mortero de cemento romano que confería resistencia al muro.

Dependiendo de la forma de los paramentos exteriores podemos clasificarlo como:



Opus Incertum. Formado por pequeñas piedras y de forma irregular pero aproximadamente del mismo tamaño.

Opus Reticulatum. (Siglo II a. C.). Piedras de forma piramidal colocadas a 45 grados. El opus reticulatum representaba un coste económico mayor que el incertum. El proceso constructivo era más lento aunque no se necesitaba tanta experiencia como para levantar una pared con sillares irregulares. Era tan eficaz que incluso se revestían como en la villa Adriana de Tívoli.



Opus Reticulatum en el Palatino (Roma)



Opus Testaceum o Latericium. Construido con ladrillo cocido. Tanto el opus incertum como el opus reticulatum necesitaban rematarse en los giros de los muros con opus testaceum. La propia forma de construcción de los muros de opus testaceum requería la utilización de andamios de madera que se anclaban al muro y que dejaron huella en ellos.



Opus Latericium en Termas de Caracalla (Roma)



Huecos dejados por los andamios de madera. Termas de Caracalla (Roma).



### 3.3.- Morteros de Cal.

#### LOS MORTEROS Y LA CAL.

La cal se conoce desde el VI milenio a.C.. Más recientemente la conocieron los griegos que la utilizaron para estucar las paredes y pintar. En época helenística aparece incluso en las murallas. Sin duda el empleo que de ella hacen los romanos es fundamental para sus edificios. Con la cal los romanos confeccionan morteros uniendo piedras y elementos varios. La cal en latín es calx. Se obtiene quemando piedra calcárea a 1000 grados. La mejor piedra calcárea es el mármol. Desprende un gas carbónico peligroso resultando cal viva (trozos de piedra desmenuzable) con lo cual, tras hidratarlo (apagar la cal) se consigue la cal propiamente dicha (un líquido más o menos espeso) que puede servir para blanquear o, como los romanos hacían, para confeccionar los morteros. Los hornos de cal son parecidos a los de cerámica variando de altura y tamaño según las regiones (de dos a siete metros de diámetro), durando varios días el proceso de quemar la piedra. Las fuentes (Catón y Vitrubio) describen el proceso de la cal y nos cuentan como los hornos estaban fuera de las ciudades y cerca de las canteras calcáreas.

En cuanto a los morteros son, en latín, los mortarium que viene del recipiente donde se echaba la cal con otros materiales. Las materiales y las proporciones las especifica Vitrubio en el Capítulo 2 Apartado 8 de sus libros de arquitectura: una parte de cal por dos o tres de arena, a ser posible el pulvis puteolani que es la arena de las cercanías de Pozzuoli (de origen volcánico). Si no hay de ésta, Vitrubio la recomienda del río o de la playa; si bien ésta es desaconsejable por la sal que contiene que es mala para la estabilidad del edificio.

Estos dos ingredientes; cal y arena, tienen un añadido de cerámica o teja machacada y agua en proporción. Cuando esta, más o menos espesa, mezcla se vierte sobre un encofrado, previamente relleno de piedras, y fragua la mezcla, se consigue lo que llamamos opus caementicium o cemento romano, de una dureza casi indestructible. Este opus es la gran aportación de Roma a la arquitectura puesto que así construirán cimentaciones, muros y bóvedas.

Su propiedad de argamasa depende de la calidad de la cal y de la preparación. La arena utilizada debe estar limpia, ser de grano vivo y resistente; asimismo, el agua que se le mezcle debe carecer de sales y de barros. La arena tiene la función de aumentar el volumen, comunicar dureza aglomerante y asegurar una mayor porosidad del material en el fraguado. La cal además debe haber sido conservada en alberca por más de seis días. Las proporciones acostumbradas son:

- Cal apagada y arena, 1 : 3
- Cal hidratada y arena, 1 : 5



La cantidad de cal para la elaboración de un mortero depende del tipo y la calidad de los componentes, y del uso al que esté destinado. El fraguado y endurecimiento de los morteros comunes de cal son debidos a su secado y a la absorción de anhídrico carbónico del aire.

Morteros de cal hidráulica por clase de trabajo (cantidad de cal por metro cúbico de arena):

-Enlucidos de cal eminentemente hidráulica, 600 a 1000 kg., ó 500 a 600 kg de cal medianamente hidráulica.

-Rellenos, 400 a 500 kg, ó 360 a 400kg.

-Muros de ladrillos, 350 a 400kg, ó 300 a 360kg.

-Muros de piedras, 300 a 350 kg, ó 260 a 300kg.

Morteros de hormigón y cal: Para elaborarlos se puede proceder de dos maneras:

·Primer método: Se mezcla bien en seco la cal hidráulica con la arena, se agrega la gravilla, y todo se amasa con agua echada por aspersión.

·Segundo método: Se forma primero el mortero con cal hidráulica, arena y agua; aparte se hace la masa del hormigón mezclando el mortero con la gravilla o piedra partida, agregando ésta por pocos.

Los hormigones de cal hidráulica según la clase de obra llevan la siguiente composición de cal (en kilogramos), arena (en metros cúbicos) y gravilla (en metros cúbicos):

-Cimentaciones hidráulicas, 200 + 0.400 + 0.800

-Cimentaciones en seco, 145 + 0.430 + 0.860

-Cimentaciones ordinarias, 115 + 0.450 + 0.890



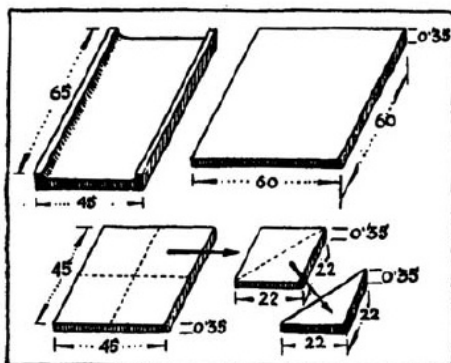
### 3.4.- ARCILLA COCIDA.

El término ladrillo se refiere a una piedra artificial fabricada principalmente a partir de arcilla. Los primeros ladrillos se remontan a unos ocho milenios antes de nuestra era en Mesopotamia. Desde entonces, ha habido considerables variaciones de forma, tamaño y fabricación. Desde el punto de vista de sus propiedades mecánicas la distinción principal está entre ladrillos crudos o adobes, secados al sol, y ladrillos cocidos en hornos de tejar. A partir de la época romana se generalizó el empleo de los ladrillos cocidos en las obras monumentales, quedando relegados los adobes a las construcciones más modestas.

Los ladrillos cocidos presentan una resistencia a compresión muy superior a los adobes, pero en general, inferior a la de las piedras más usuales. Los ladrillos cocidos de la época romana o bizantina tienen resistencias a compresión similares a los actuales, esto es, entre 7–30 N/mm<sup>2</sup>. Por ejemplo, Thode (1975) realizó diversas experiencias sobre los ladrillos de Santa Sofía y San Vitale, ambas construidas en el siglo VI d.C. y obtuvo resistencias de 18 N/mm<sup>2</sup> en Santa Sofía y de 32–33 N/mm<sup>2</sup> en San Vitale. Los primeros ensayos se realizaron en el siglo XIX; por ejemplo, Navier (1826) toma entre 5–15 N/mm<sup>2</sup> para la resistencia a compresión de los ladrillos.

#### 3.4.1.-Ladrillo.

A partir de la época Imperial se generalizó el uso del ladrillo, que se convertiría de esta forma en un elemento esencial para la resolución de multitud de detalles constructivos. Su uso en muchos casos estaba limitado al empleo como encofrado perdido de elementos ejecutados con Opus Caementicium, pero en ocasiones, también encontramos elementos realizados totalmente en ladrillo, existiendo incluso modelos especiales aplantillados para la resolución de columnas lisas y con estrías.



Algunos tipos de ladrillo, según García Bellido

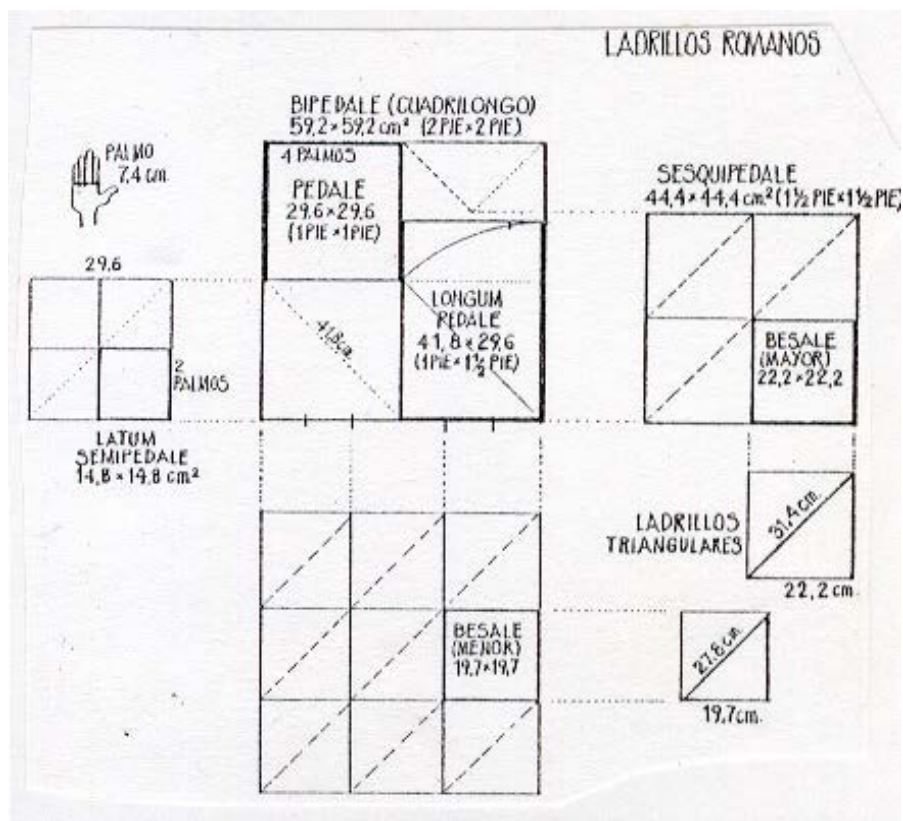
Ladrillos aplantillados



Como ya comentamos, se generó una gran industria alrededor de estos ladrillos, potenciada por los emperadores, que incluso normalizaron sus tamaños para todo el territorio, aunque se observan variaciones. De esta forma, podemos distinguir estos tipos:

Denominación	Tamaño
BIPEDALES (DOS PIES)	60 x 60 x 3,7 cms.
Sesquipedales	45 x 45 x 3,7 cms.
Longum pedale	42 x 30 x 3,7 cms.
PEDALES (UN PIE)	30 x 30 x 3,7 cms.
BESALES	22 x 22 x 3,7 cms
Semiláteres (Triangulares)	22 cms. de lado

Esquema de obtención de la geometría de los ladrillos





De todos estos tipos, el ladrillo básico era el *pedale*, cuyo módulo era de 29,6 cm.; estos ladrillos eran el equivalente a un pie por un pie, que los griegos llamaban tetrádon, equivalente a cuatro palmos por cuatro palmos. En base a este módulo se fabricaba, según Ortega Andrade, un ladrillo mayor, el bipedale o cuadrilongo, que tenía dos pies por dos pies (59,2x59,2 cm<sup>2</sup>). Era una enorme tabla cerámica que, colocada en tres o cuatro hiladas sucesivas horizontales, creaba una verdegada de refuerzo en algunas fábricas mixtas. Este gran ladrillo, podía dividirse en nueve partes para dar como resultado el bessale menor (19,7x19,7 cm<sup>2</sup>).

El sesquipedale era otro ladrillo mayor, también cuadrado, que tenía un pie y medio de lado (44,4x44,4cm<sup>2</sup>), el cual, dividido en cuatro partes, originaba un bessale de 22,2 cm. de lado. En realidad, un sesquipedale era la diagonal del pedale, es decir, igual al producto de multiplicar la raíz cuadrada de dos por un pie, con lo que se obtenía un ladrillo rectangular que tenía un pie por un sesquipedale, el longum pedale era de un pie y medio de largo por un pie de ancho (41,8x29,6 cm<sup>2</sup>) Un ladrillo menor, aunque poco frecuente, era latum semipedale (dos palmos por dos palmos) similar al básico Dídon griego y que tenía medio pie por medio pie. No obstante, las medidas de los ladrillos secos y endurecidos presentaban dispersiones considerables. De todos ellos, el ladrillo más usado fue el triangular que resultaba de cortar el bessale por una de sus diagonales. Resultaba por tanto el triangular del sesquipedale de lado 22,2 cm. y 31,4 cm. de diagonal y el triangular de lado 19,7 cm. y 27,8 cm. de diagonal. Estos ladrillos se obtenían realizando una profunda hendidura con una cuerda en el ladrillo fresco, como paso previo a la cocción, que después facilitaba su corte a pie de obra.



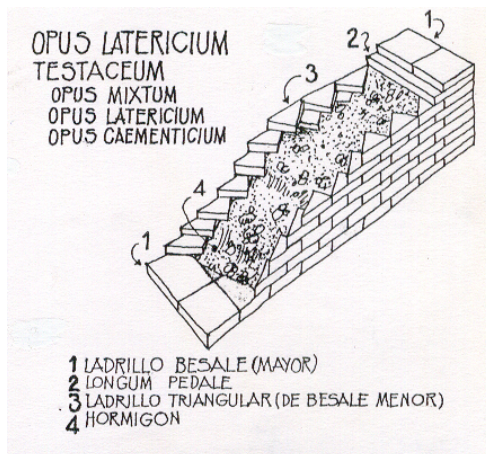




## APAREJOS DE LADRILLO

### OPUS TESTACEUM O LATERICIUM

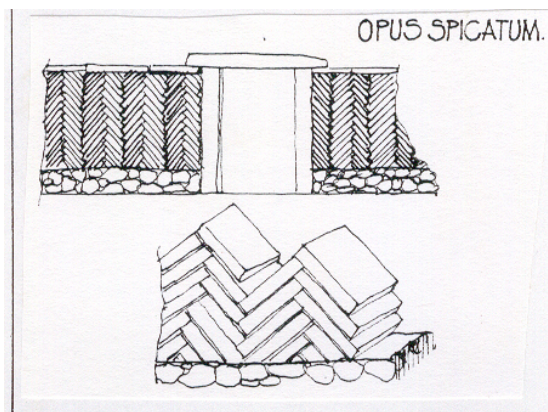
Se llama así al aparejo de ladrillo, también denominado como "opus testaceum" y que atiende tanto al constituido íntegramente por ladrillos "lateres", como al aparejo mixto de núcleo caementicium y paramentos latericium. En el primer caso el muro se constituía mediante piezas cuadradas, grandes y pequeñas, en una combinación que hoy nos parecería, aparejo inglés. Es decir, como de una hilada a tizón y la siguiente o anterior a soga. En el segundo caso, los ladrillos eran triangulares y se colocaban acostados sobre amplio lecho de mortero, con la diagonal al paramento y el ángulo recto señalando hacia el interior o núcleo del muro. Apenas colocadas pocas hiladas de ladrillo a ambas caras del muro, se llenaba el interior con mortero y se colocaban los áridos (opus caementicium). Esta fábrica mixta era más cara que el opus incertum, y siendo más barata que el opus reticulatum, era la mejor desde el punto de vista de la durabilidad y de la capacidad mecánica. No obstante, por su laboriosidad, parecía más elegante y preferido el opus reticulatum. De todas formas tanto el opus incertum como el opus reticulatum requerían ser rematados, en las esquinas del edificio, por un paño de opus latericium.





### OPUS SPICATUM

El "opus spicatum" era un latericium testaceum, en el que los ladrillos mostraban la testa colocada a espina de pez, o lo que es lo mismo, a espiga de trigo. Resultaba un buen aparejo para suelos y, en muros resultaba muy decorativo. En muchos pueblos de Andalucía aún se siguen pavimentando, con esta técnica, patios y calles peatonales. En Sevilla es frecuente, y lo podemos ver en el Callejón del Agua.



Pavimento en el Apoditherium de Horta Vella



Diferentes trabajos de reconstrucción con obras de fábrica de ladrillo del complejo termal de Edeta (Lliria)







Ejecución de las "concameratio" de las salas calientes de las termas con "tegula mammatae"





### 3.4.2.-Piezas especiales.

Piezas para formar las  
"concameratio"

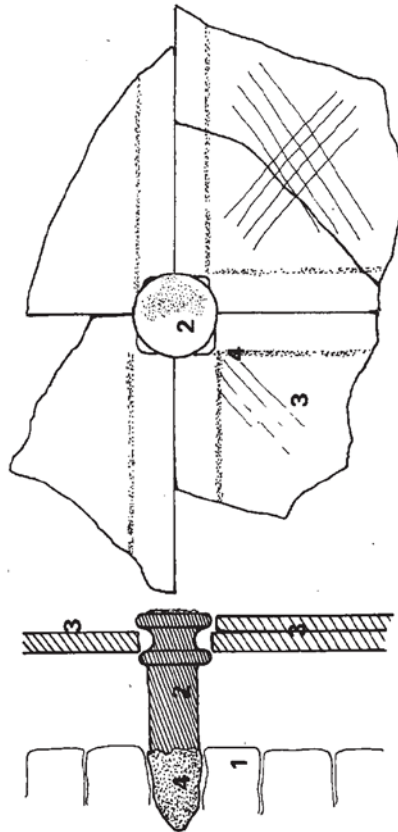


FIG. 1: Fijas y ladrillos recortados del Pozo de la Peña (Chinchilla).- 1: muro maestro. 2: fija. 3: ladrillos. 4: argamasa.

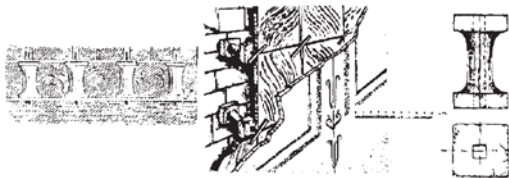


FIG. 6: Sujeción de las fijas según dibujo publicado por J.M. Dogbarona.

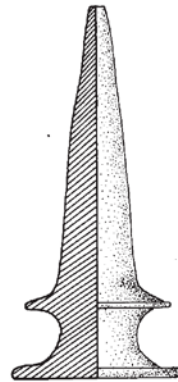


FIG. 3: Clavija de Vera (Almería), según fotografía de Ferrández Arévalo. Tipo 2.

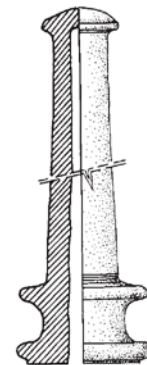


FIG. 4: Clavija de Bolonia (Cádiz), según dibujo de F. Mayet. Tipo 3.

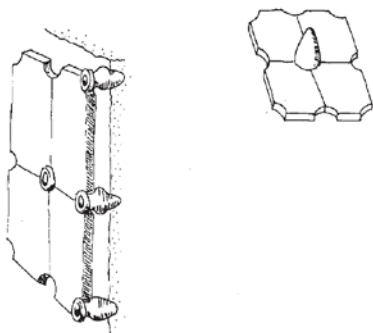


FIG. 7: Tipo 5, fijas de Tarragó según dibujo publicado por B. Hoffmann.

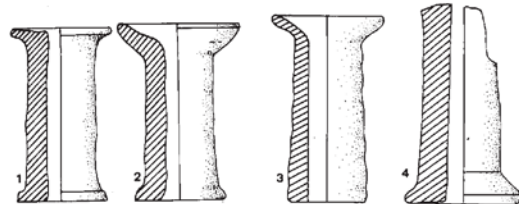


FIG. 5: Tipo 4-a, Clavijas de las Termajas (Zácedo), nº 1 y 2. Tipo 4-b, Clavija de la Vega de Albalá (Teruel), nº 3. Clavija de Utrera de Jaldón, nº 4 (según J. Lestel).



Diferentes formas de "Tubuli" para formar "concameratio"



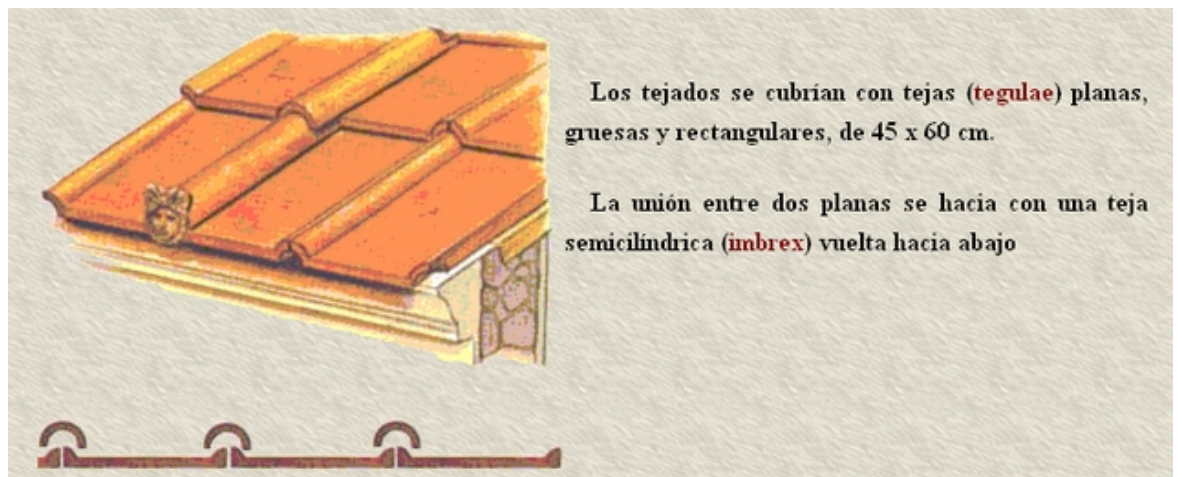




### 3.4.3.-Tejas.

En general, cuando se empleaban bóvedas o cúpulas, no se colocaba ningún armazón superior de madera. Normalmente solían colocar la teja directamente, nivelando y adaptando las pendientes si era necesario para favorecer la evacuación de aguas pluviales.

Sin embargo, no siempre se cubría con cúpulas. En determinadas tipologías como el templo y en edificios de menor entidad, la cubierta se solucionaba mediante estructuras trianguladas de madera. Sobre estas cubiertas de madera se colocaban directamente las tejas se utilizaban dos elementos diferentes, la Tégula y el Imbrex que solían ser el acabado más habitual, aunque se conocen ejemplos de losas de mármol, láminas de bronce y plomo, piedra, revocos con mortero puzolánico, bardas de paja, etc.





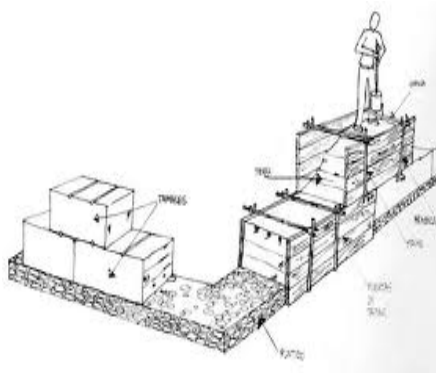
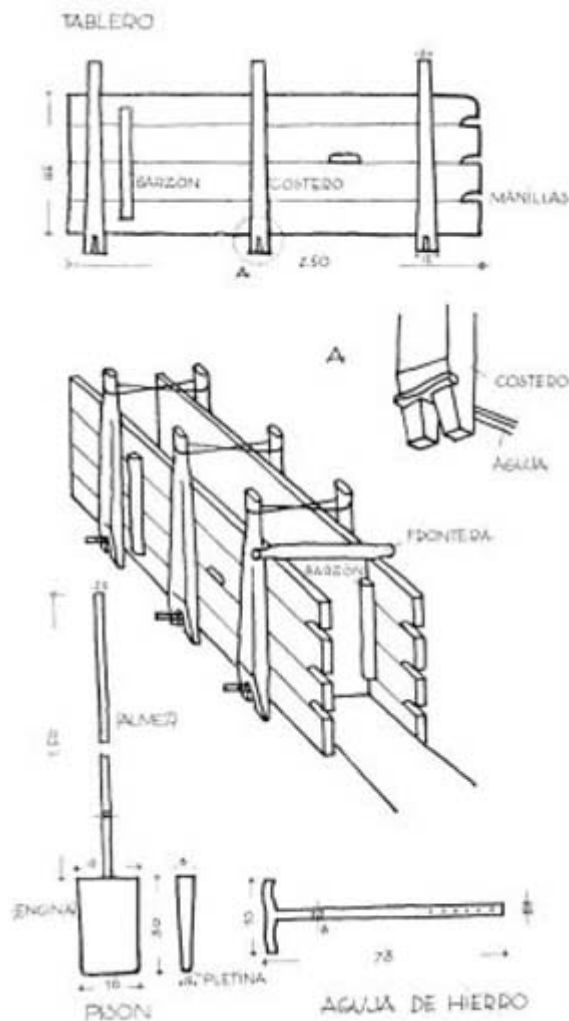
Villa romana La Olmeda



### 3.5.- Tierra cruda.

Las primeras referencias a edificaciones construidas con barro en España se deben a Plinio (siglos I y II), quien en su Historia Natural menciona que "en España se ven torres y atalayas hechas de tierra de antigüedad remotísima" y comenta su estabilidad y dureza.

El sistema más elemental de construcción cuando no existen piedras es el barro (arcilla). Es el material de construcción más barato que existe y es propio de los pueblos primitivos para construir chozas de caña o edificios que no precisaban de una especial calidad. Cuando se construye una pared de barro recibe el nombre de **tapial** o tierra apisonada. Para construirlo el sistema es bastante elemental. En el suelo se coloca un encofrado de madera lateral y el interior se rellena de barro hasta la altura deseada. Se deja secar y se le echa más barro repitiendo el procedimiento hasta donde lo queramos subir. Este procedimiento se sigue utilizando en pueblos del Norte de África. El barro se apisona con una maza. Su ventaja es que aísla el calor, aunque lo cierto es que la arquitectura es pobre.

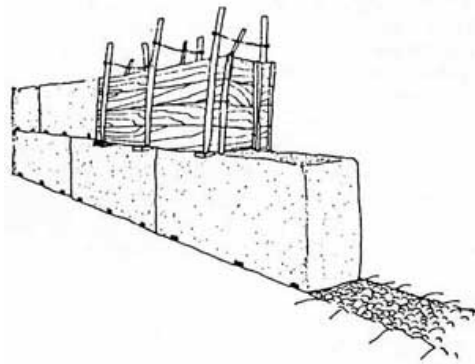


#### 3.5.1.- Tapial

El muro de tapial se construye montando un cajón de madera que vamos relleno con capas de tierra mezclada con balastro y cal, en tongadas de unos 12 cm, hidratando ligeramente. Con la ayuda de un pisón de unos 7-10 kilos se comprime ("atacar") hasta la mitad de su espesor (6 cm) hasta completar el bloque, llamado tapia.



Los tableros de madera, sostenidos por travesaños (agujas o cárceles), se desmontan y se desplazan para construir la tapia siguiente. De esta manera se va construyendo la pared, con "adobes gigantes" que tienen la doble ventaja de estar íntimamente ligados unos a otros gracias a la compresión del pisón, y de la adición de grava natural (balastro) y cal, que aumentan la consistencia del muro.

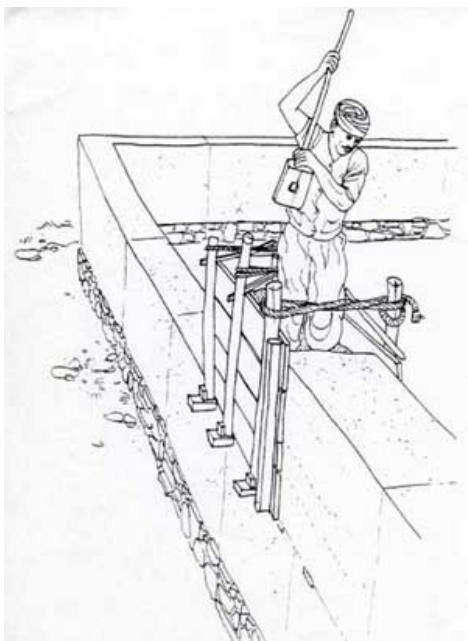


Los tableros no se tocan, dejando algo de espacio entre ellos para que salga el exceso de presión creada al atacar con el pisón.

La compresión ejercida por el pisón hace que los muros tiendan a abrirse hacia los lados. La combinación de los costeros (postes verticales) fijados por la parte inferior con agujas de hierro y con sogas por la parte superior que los van uniendo a pares permiten a la estructura soportar la compresión sin problemas.

Las agujas suponen una evolución frente a los tradicionales maderos que, por supuesto, quedaban tan firmemente unidos al muro que resultaba imposible sacarlos, por lo que resulta sencillo identificar tapias medievales por los huecos dejados (mechinales) por la madera al desaparecer con el paso de los siglos.

Los romanos llamaban a la técnica del tapial "**opus craticium**".





Trabajos de construcción de muros de Tapial en la consolidación y reconstrucción del complejo termal de Mura en Edeta (Lliria).





### 3.5.2 Adobe

Un segundo sistema es con el ladrillo cocido al sol (**adobe**). Es el empleado en las primeras civilizaciones como la egipcia o la mesopotámica. Se trata de un sistema muy barato. Se mezcla el barro con el desgrasante (paja, hierbas,...) para evitar que se agriete el barro al desaparecer el agua.

El Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española define el adobe como una "masa de barro mezclado a veces con paja, moldeada en forma de ladrillo y secada al aire que se emplea en la construcción de paredes y muros".

Supone un segundo paso en la evolución de las técnicas constructivas con tierra, al ser más manejable, poder manipularse cómodamente en altura, posibilitar su empleo en el relleno de entramados y permitir la fabricación de bóvedas, arcos y cúpulas.

Existen dos tipos de arcilla; grasas y magras.

Son grasas las arcillas puras sin mezclas con otros materiales. Aunque son de buena calidad son relativamente malas para ladrillos o cerámica porque al secarse se resquebrajan. Así, hay que añadirles un cuerpo para su cohesión (desengrasante) constituido por paja, hojas secas, hojas de cereal o arena. Cuando se le añade, la arcilla se empobrece pero si no se rompe.

Las arcillas magras son mejores porque ya llevan incorporadas naturalmente el desengrasante que suele ser arena muy fina. Con esas arcillas grasas y su desengrasante se han hecho los adobes que son los ladrillos secados al sol. Sus dimensiones son uniformes gracias a los moldes. Lo utilizaron las civilizaciones orientales (mesopotámicas y egipcias) ya que se secaban rápido debido al calor de estos lugares.

El moldeado de los adobes se realiza en un molde de madera denominado adobera o gradilla, tras extraer la tierra, cribarla, estabilizarla con paja, mojarla y amasar la mezcla hasta que quede compacta, homogénea y sin grumos.





Hay tres tipos de ladrillos de adobe citados por las fuentes (Vitrubio y Plinio el Viejo):

- El ladrillo lidio de 1 pie por medio pie (29,6 X 14,8 cms).
- El ladrillo tetradorum. De cuatro palmos, 1 X 1 pie (29,6 X 29,6 cms).
- El ladrillo pentadron. De cinco palmos (37 X 37 cms).



Muro de adobe de origen romano en el Patio de Banderas de Sevilla



### LAS VENTAJAS DE LA TIERRA COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN:

Las potencialidades de la tierra como material de construcción son innegables. Algunas de las causas se recogen en las líneas siguientes:

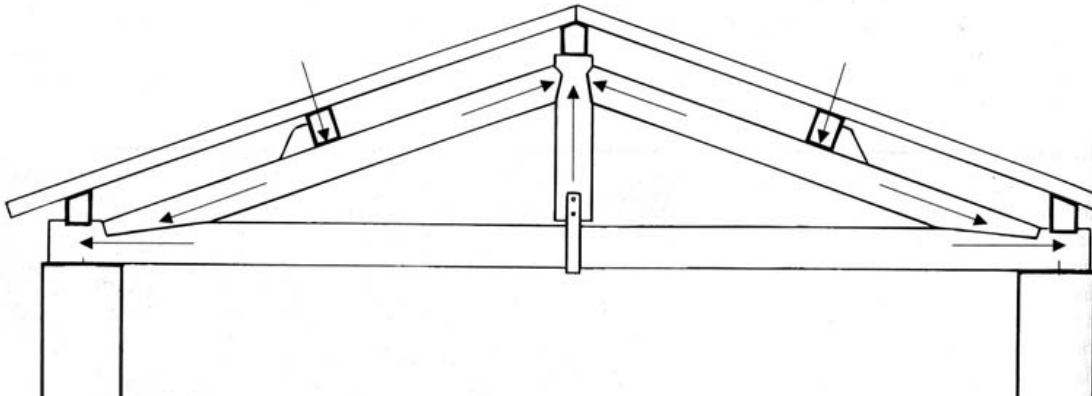
1. Fácil integración de las construcciones en el paisaje (Bajo impacto visual).
2. Material abundante y barato (Puede reincorporarse la tierra procedente de excavaciones y obras de acondicionamiento, evitando costes de transporte a vertedero y reduciendo los problemas que ocasiona su depósito).
3. Carácter reciclable del material, pues se reduce fácilmente a su estado original tras el derribo del edificio, sin producir residuos de carácter industrial.
4. La producción es simple y requiere bajos recursos tecnológicos, lo que hace este tipo de construcción accesible incluso para economías muy modestas.
5. El proceso de producción del material es limpio y requiere bajos consumos de energía.
6. El material presenta buenas características como aislante térmico frente a otros materiales de construcción de uso frecuente.

MATERIAL	TRANSMISION TERMICA
Adobe (densidad: 750 kg/m <sup>3</sup> )	0.25 W/m <sup>2</sup> C
Bloque de tierra compactada típico	0.34 W/m <sup>2</sup> C
Ladrillo	0.85 W/m <sup>2</sup> C
Hormigón en masa	1,50 W/m <sup>2</sup> C



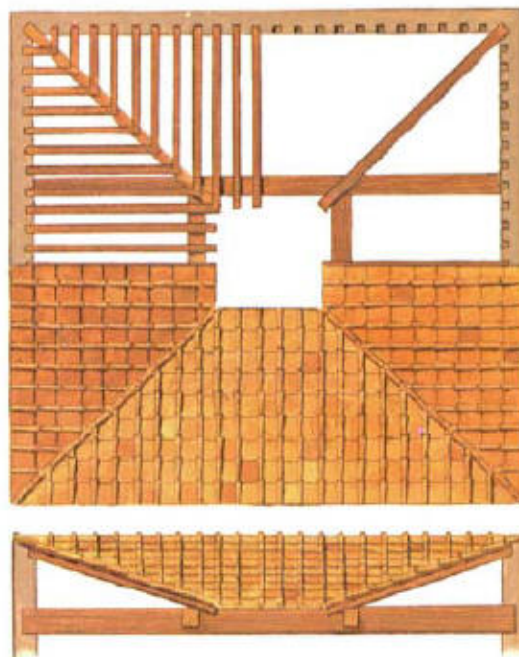


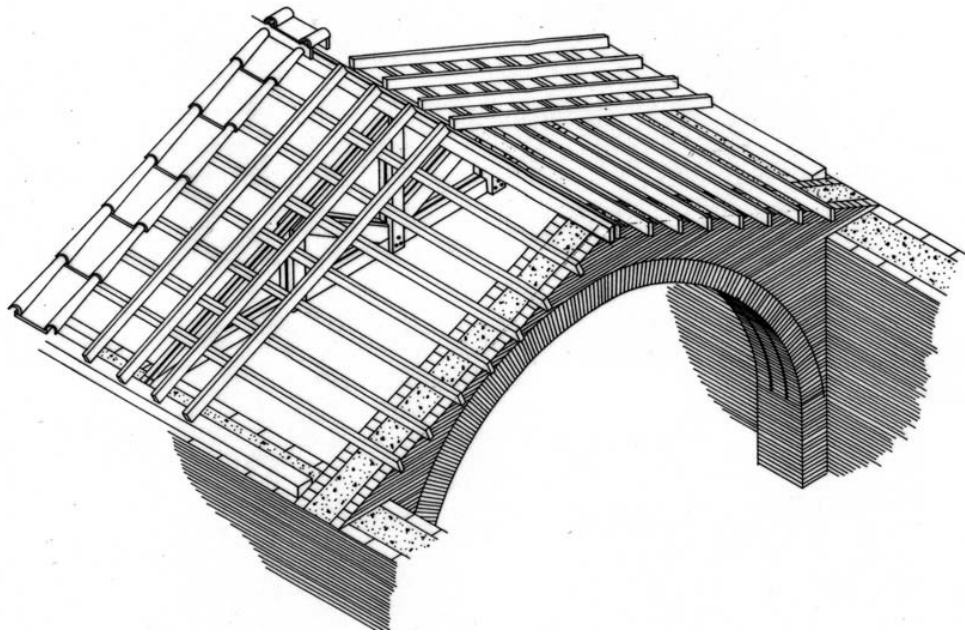
### 3.6.- Madera.



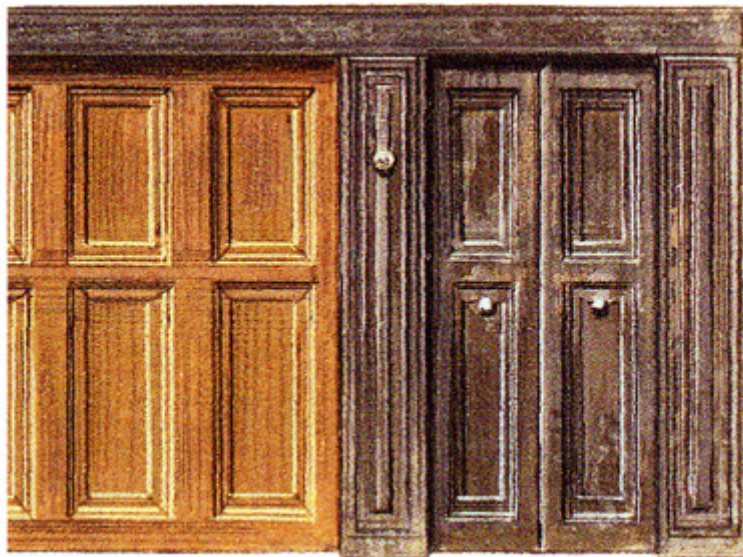
La MADERA se empleó principalmente para armazones y cubiertas, aunque a veces también se empleó en la trabazón de muros y en la cimentación en terrenos pantanosos y, por supuesto, en múltiples aplicaciones auxiliares de la construcción. Se emplearon maderas de diversos árboles, según su disponibilidad y características que las hacían aptas para uno u otro empleo. Vitruvio trata de ello en los capít. IX y X de su Segundo libro de Arquitectura.

Los romanos emplearon también la madera como material de construcción, cuyo uso se reservaba exclusivamente para techumbres, tanto cubiertas como artesonados en general.





Para dividir estancias se podían levantar paredes con hormigón que luego eran recubiertas con yeso y pintadas con coloristas frescos; no obstante, hay evidencias de que los romanos también usaban tabiques de madera e incluso celosías de madera – semejantes a las usadas en los batientes de las ventanas-, móviles y con bisagras a modo de biombos.



Tabique de madera encontrado en la Casa del Tabique de Madera de Herculano (Italia). Fotografía procedente de CONNOLLY, Peter y DODGE, Hazel: *La Ciudad Antigua. La vida en la Atenas y Roma clásicas*, Madrid, 1998



## 4.- ANALISIS DE SOSTENIBILIDAD



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA





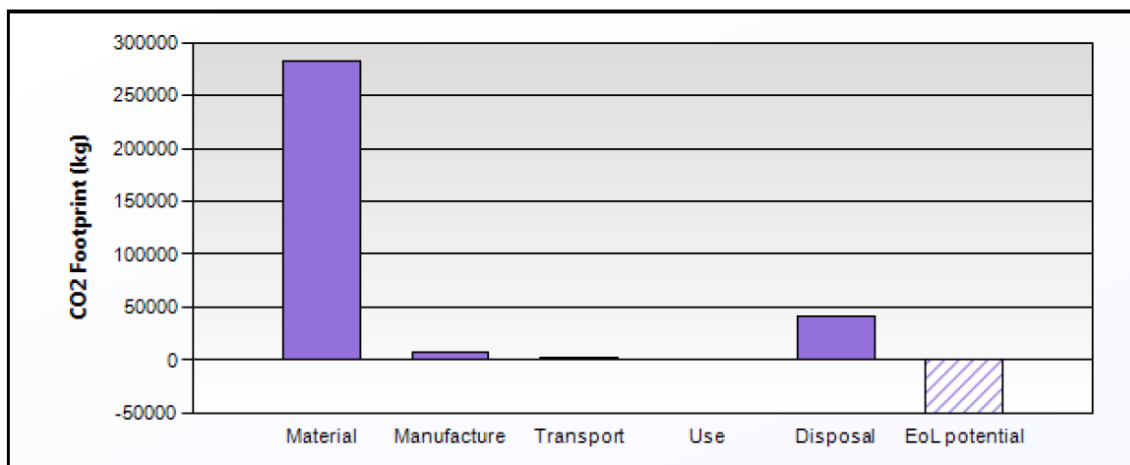
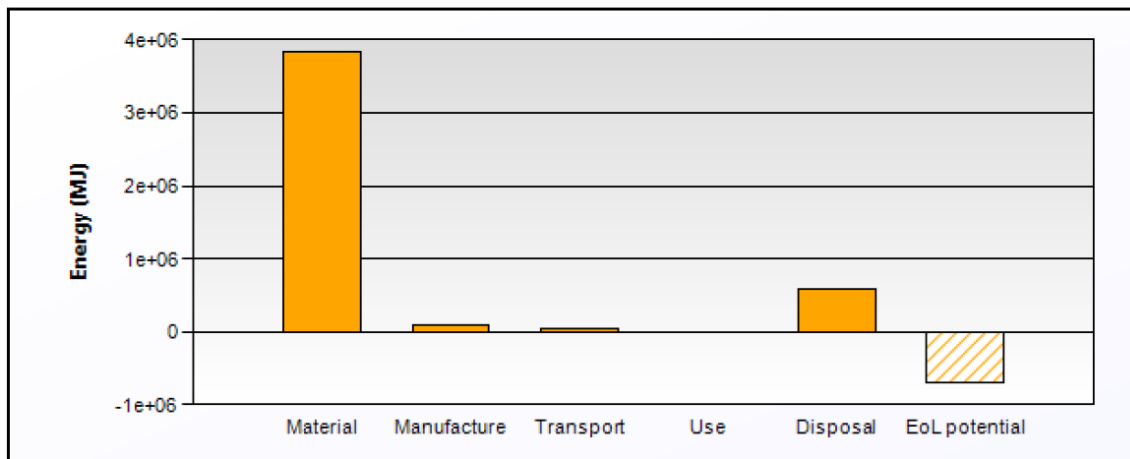
CEC 2012  
SELECTOR

## Eco Informe de Auditoría



Nombre del producto            Horta Vella  
Vida del producto (Años)      300

### Resumen de Energía y CO2





Fase	Energía (MJ)	Energía (%)	CO2 (kg)	CO2 (%)
<b>Material</b>	3.83e+06	84.4	2.82e+05	84.9
<b>Fabricación</b>	9.54e+04	2.1	7.31e+03	2.2
<b>Transporte</b>	3.26e+04	0.7	2.31e+03	0.7
<b>Uso</b>	0	0.0	0	0.0
<b>Eliminación de desechos</b>	5.79e+05	12.8	4.05e+04	12.2
<b>Total (primera vida)</b>	<b>4.54e+06</b>	<b>100</b>	<b>3.32e+05</b>	<b>100</b>
<b>Fin de vida potencial</b>	-6.94e+05		-4.99e+04	



## Eco Informe de Auditoría



### Análisis de energía

	Energía (MJ)/año
Carga equivalente anual sobre el medio ambiente (un promedio de más de 300 años de vida del producto):	1.33e+04

### Desglose detallado de las fases individuales de la vida

#### Material:

Elemento	Material	Contenido reciclado*	masa (kg)	Cantidad	Total masa procesada** (kg)	Energía(MJ)	%
Opus Caementicium	Concrete (Pozzolona cement)	Virgin (0%)	1.2e+06	1	1.2e+06	1.4e+06	36.6
Piedra Caliza	Limestone(2.66)	Virgin (0%)	1.1e+06	1	1.3e+06	4.1e+05	10.7
Mármol	Marble(2.7)	Virgin (0%)	3.8e+04	1	6.3e+04	1.3e+05	3.4
Rodeno	Sandstone(2.61)	Virgin (0%)	6.2e+04	1	7.7e+04	3.9e+04	1.0
Madera	Roble (I)	Virgin (0%)	6.5e+03	1	9.2e+03	9.6e+04	2.5
Tejas	Ceramic tile	Virgin (0%)	1.1e+04	1	1.1e+04	1.4e+05	3.6
Ladrillos	Brick (common, hard)(2.03)	Virgin (0%)	4.9e+05	1	4.9e+05	1.6e+06	42.2
Total				7	3.2e+06	3.8e+06	100

\*Típico, incluye 'fracción de recirculación en la oferta actual'

\*\*En su caso, incluye la masa del material retirado por procesos secundarios.



## Fabricación:

Elemento	Proceso	% eliminado	Cantidad procesada	Energía (MJ)	%
<b>Piedra Caliza</b>	Corte y labra	20	2.7e+05 kg	8e+04	83.4
<b>Mármol</b>	Corte y labra	40	2.5e+04 kg	7.6e+03	8.0
<b>Rodeno</b>	Corte y labra	20	1.5e+04 kg	4.6e+03	4.8
<b>Madera</b>	Mecanizado	30	2.8e+03 kg	3.6e+03	3.8
<b>Total</b>				<b>9.5e+04</b>	<b>100</b>

## Transporte:

### Desglose por fase de transporte

Total masa = 2.9e+06 kg

Etapas	Tipo de transporte	Distancia (km)	Energía+ (MJ)	%
	Camión 14t	5	1.2e+04	37.8
	Mercancías vehículos ligeros	5	2e+04	62.2
<b>Total</b>		<b>10</b>	<b>3.3e+04</b>	<b>100</b>

### Desglose por elementos

Elemento	Masa del elemento (kg)	Energía (MJ)	%
<b>Opus Caementicium</b>	1.2e+06	1.4e+04	42.4
<b>Piedra Caliza</b>	1.1e+06	1.2e+04	36.7
<b>Mármol</b>	3.8e+04	4.3e+02	1.3
<b>Rodeno</b>	6.2e+04	6.9e+02	2.1
<b>Madera</b>	6.5e+03	73	0.2
<b>Tejas</b>	1.1e+04	1.3e+02	0.4
<b>Ladrillos</b>	4.9e+05	5.5e+03	16.8
<b>Total</b>	<b>2.9e+06</b>	<b>3.3e+04</b>	<b>100</b>





## Uso:

### Contribución relativa de los modelos estáticos y móviles

Modo	Energía (MJ)	%
Estático	0	
Móvil	0	
Total	0	100

### Eliminación de desechos:

Elemento	Opción para final de vida	% recuperado	Energía (MJ)	%
Opus Caementicium	Relleno	80.0	2.5e+05	42.4
Piedra Caliza	Reutilizado	85.0	2.1e+05	36.7
Mármol	Reutilizado	95.0	7.6e+03	1.3
Rodeno	Reutilizado	90.0	1.2e+04	2.1
Madera	Reutilizado	95.0	1.3e+03	0.2
Tejas	Reutilizado	70.0	2.3e+03	0.4
Ladrillos	Relleno	95.0	9.7e+04	16.8
Total			5.8e+05	100

### EOl potencial:

Elemento	Opción para final de vida	% recuperado	Energía (MJ)	%
Opus Caementicium	Relleno	80.0	0	0.0
Piedra Caliza	Reutilizado	85.0	-3.5e+05	50.3
Mármol	Reutilizado	95.0	-1.2e+05	17.6
Rodeno	Reutilizado	90.0	-3.5e+04	5.1
Madera	Reutilizado	95.0	-9.1e+04	13.1
Tejas	Reutilizado	70.0	-9.6e+04	13.8
Ladrillos	Relleno	95.0	0	0.0
Total			-6.9e+05	100



## Eco Informe de Auditoría



### Análisis de la huella de CO2

	CO2 (kg)/año
Carga equivalente anual sobre el medio ambiente (un promedio de más de 300 años de vida del producto):	1.11e+03

### Desglose detallado de las fases individuales de la vida

#### Material:

Elemento	Material	Contenido reciclado*	masa (kg)	Cantidad	Total masa procesada**	Huella CO2 (kg)	%
Opus Caementicium	Concrete (Pozzolona cement)	Virgin (0%)	1.2e+06	1	1.2e+06	1.2e+05	41.4
Piedra Caliza	Limestone(2.66)	Virgin (0%)	1.1e+06	1	1.3e+06	2.2e+04	7.9
Mármol	Marble(2.7)	Virgin (0%)	3.8e+04	1	6.3e+04	8e+03	2.9
Rodeno	Sandstone(2.61)	Virgin (0%)	6.2e+04	1	7.7e+04	2.3e+03	0.8
Madera	Roble (I)	Virgin (0%)	6.5e+03	1	9.2e+03	8.2e+03	2.9
Tejas	Ceramic tile	Virgin (0%)	1.1e+04	1	1.1e+04	1.9e+04	6.8
Ladrillos	Brick (common, hard)(2.03)	Virgin (0%)	4.9e+05	1	4.9e+05	1.1e+05	37.3
Total				7	3.2e+06	2.8e+05	100

\*Típico, incluye 'fracción de recirculación en la oferta actual'

\*\*En su caso, incluye la masa del material retirado por procesos secundarios.



## Transporte:

Desglose por fase de transporte

Total masa = 2.9e+06 kg

Etapa	Tipo de transporte	Distancia (km)	Huella CO2 (kg)	%
	Camión 14t	5	8.7e+02	37.8
	Mercancías vehículos ligeros	5	1.4e+03	62.2
<b>Total</b>		<b>10</b>	<b>2.3e+03</b>	<b>100</b>

## Desglose de elementos

Elemento	masa (kg)	Huella CO2 (kg)	%
<b>Opus Caementicium</b>	1.2e+06	9.8e+02	42.4
<b>Piedra Caliza</b>	1.1e+06	8.5e+02	36.7
<b>Mármol</b>	3.8e+04	30	1.3
<b>Rodeno</b>	6.2e+04	49	2.1
<b>Madera</b>	6.5e+03	5.2	0.2
<b>Tejas</b>	1.1e+04	9.1	0.4
<b>Ladrillos</b>	4.9e+05	3.9e+02	16.8
<b>Total</b>	<b>2.9e+06</b>	<b>2.3e+03</b>	<b>100</b>



## Uso:

### Contribución relativa de los modos estáticos y móviles

Modo	Huella CO2 (kg)	%
Estático	0	
Móvil	0	
Total	0	100

### Eliminación de desechos:

Elemento	Opción para final de vida	% recuperado	Huella CO2 (kg)	%
Opus Caementicium	Relleno	80.0	1.7e+04	42.4
Piedra Caliza	Reutilizado	85.0	1.5e+04	36.7
Mármol	Reutilizado	95.0	5.3e+02	1.3
Rodeno	Reutilizado	90.0	8.6e+02	2.1
Madera	Reutilizado	95.0	91	0.2
Tejas	Reutilizado	70.0	1.6e+02	0.4
Ladrillos	Relleno	95.0	6.8e+03	16.8
Total			4.1e+04	100

### EoL potencial:

Elemento	Opción para final de vida	% recuperado	Huella CO2 (kg)	%
Opus Caementicium	Relleno	80.0	0	0.0
Piedra Caliza	Reutilizado	85.0	-1.9e+04	38.1
Mármol	Reutilizado	95.0	-7.6e+03	15.3
Rodeno	Reutilizado	90.0	-2.1e+03	4.1
Madera	Reutilizado	95.0	-7.8e+03	15.6
Tejas	Reutilizado	70.0	-1.3e+04	26.8
Ladrillos	Relleno	95.0	0	0.0
Total			-5e+04	100



## 5.-CONCLUSIÓN



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA





## 5.- CONCLUSIONES

Hemos analizado el edificio recreado a partir del yacimiento arqueológico de l'Horta Vella en Bétera, reconstruyendo virtualmente unos edificios datados en los siglos I-II d.c., los cuales fueron utilizados hasta el siglo VII, con diferentes usos, ampliaciones y reutilizaciones de espacios y materiales para diferentes usos, demostrando la calidad de los sistemas y materiales usados en la época romana, manteniéndose después de siglos de abandono todavía en pie muros de “opus caementicium” construidos en su primera fase.

Hemos estudiado los materiales y técnicas de construcción de la época romana y en base a este estudio hemos analizado la Huella de Carbono que crea.

Tras este estudio observamos la oportunidad que nos concede la Historia de reutilizar los conocimientos de la Antigüedad y de la Tradición para dotar al futuro de la actualización de técnicas y materiales.

Para ese futuro necesitamos abrir líneas de investigación sobre los materiales tradicionales para poder incorporarlos de manera habitual a nuestras construcciones y edificios. En esta línea se debería también normativizar y estandarizar en la medida de lo posible, creando NTE apropiadas y normas UNE respecto del control de la calidad y los ensayos realizados, e incorporar estos materiales a las fichas normalizadas de control de calidad, así como a los programas de cálculo estructural (en los casos en que sea necesario).

Con todo esto observamos que ya se han iniciado cambios normativos para algunos materiales tradicionales y también algunas investigaciones y monografías sobre estos.

A modo de ejemplo:



# norma española

UNE 41410

Diciembre 2008

## TÍTULO

**Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques**  
**Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo**

*Compressed earth blocs for walls and partitions. Definitions, specifications and test methods.*  
*Blocs de terre comprimée pour murs et cloisons. Définitions, spécifications et méthodes d'essai.*

## CORRESPONDENCIA

## OBSERVACIONES

## ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 41 Construcción cuya Secretaría desempeña AENOR.

Editada e impresa por AENOR  
Depósito legal: M 55496-2008

© AENOR 2008  
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

**AENOR** Asociación Española de  
Normalización y Certificación

Genova, 6  
28004 MADRID-España

info@aenor.es  
www.aenor.es

Tel. 902 102 201  
Fax 913 104 032

26 Páginas

Grupo 13

AENOR AUTORIZA EL USO DE ESTE DOCUMENTO A UNIVERSIDAD POLITÉCNICA MADRID





ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
INGENIERÍA DE  
EDIFICACIÓN

Gernot Minke

## Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra

Forschungslabor für Experimentelles Bauen  
Universidad de Kassel, Alemania



Escola Politècnica Superior  
d'Edificació de Barcelona  
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

INGENIERIA DE EDIFICACIÓN  
PROYECTO FINAL DE CARRERA





Todos estos cambios en las técnicas y materiales de construcción volviendo la vista hacia atrás deben ser vistos por las instituciones y técnicos de hoy como una oportunidad para el futuro, respondiendo a las necesidades de las personas, usuarios últimos de los edificios, que con el uso de estos materiales y técnicas actualizados podrán disponer de un hábitat donde ejercer sus actividades diarias con un menor coste en su construcción y posterior mantenimiento.

Todo esto supondrá una contribución enorme, no solo al usuario del edificio, sino al conjunto de la humanidad, por su contribución a la menor destrucción de recursos materiales y al menor consumo de energía, tanto en la construcción en el mantenimiento posterior.

Esto se podrá conseguir con un cambio de mentalidad de los clientes, que deben asumir su responsabilidad global con el mundo que dejaremos a generaciones futuras, cambiando la solicitud de grandes instalaciones y mecanismos activos en acondicionamiento de los espacios, por un diseño de espacios que aprovechen los recursos naturales al alcance de todos nosotros, el Sol, corrientes de aire naturales....

También se tiene que protagonizar un cambio desde los técnicos y profesionales que intervienen en los procesos de diseño y ejecución de un edificio, buscando la innovación, no unas tecnologías cada vez más complejas, sino en una vuelta a la sencillez y optimización de recursos, buscando la no solo la relación calidad-precio, e incluir también la variable de consumo de energía y huella de carbono.

Por último las Administraciones Públicas deben implicarse en estos procesos de renovación de los materiales y técnicas tradicionales, también de las innovaciones en construcción sostenible, regular estos ámbitos y por último favorecer, potenciar y facilitar su desarrollo e implantación.



## 6.-BIBLIOGRAFIA



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA





## 6.- BIBLIOGRAFIA

Marco Lucio Vitruvio Polion. “Los Diez Libros de Arquitectura”.

University College Dublin, Consejo de Arquitectos de Europa, Softech y Suomen Arkkitehtiiliitto. “Un Vitruvio ecológico. Principios y práctica del proyecto arquitectónico sostenible”.

Rabun Taylor. “Los constructores romanos”.

Rafael Marín Sánchez. “La construcción en época romana”.

Jean-Pierre Adam. “La Construcción Romana. Materiales y Técnicas”.

Nicolas Boulosa. “El futuro de la arquitectura verde y sostenible”  
<http://faircompanies.com>

“Historia de la construcción. La construcción en la antigua Roma.”

Cañas Guerrero, Ignacio ; Fuentes Pardo, José María “CONSTRUCCIÓN CON TIERRA: TRADICIÓN Y NUEVAS APLICACIONES”.

Youtube, “Termas romanas de Mura” (Edeta, Liria)

<http://www.e-tecmalearning.es/wordpress/?paged=2>

Rubi Sanz Gamo, “Algunos materiales romanos utilizados en la construcción de las concameraciones”