

CONSEJERÍA DE TURISMO, CULTURA Y DEPORTE

Consejero de Turismo,
Cultura y Deporte
Arturo Bernal Bergua

Viceconsejero de Turismo,
Cultura y Deporte
Víctor Manuel González
García

Secretaría General
para la Cultura
Salomón Castiel Abecasis

Director del Instituto
Andaluz del Patrimonio
Histórico (IAPH)
Juan José Primo Jurado

Edita:
Consejería de Turismo, Cultura
y Deporte. Junta de Andalucía

Colabora:
Universidad de Sevilla

Copyright:
Consejería de Turismo, Cultura
y Deporte. Junta de Andalucía

Coordinación de la edición:
Instituto Andaluz del
Patrimonio Histórico

Coordinación científica:
Francisco José García
Fernández,
Universidad de Sevilla
José Luis Gómez Villa,
Instituto Andaluz del
Patrimonio Histórico

Autores:
María Arjonilla Álvarez,
Universidad de Sevilla
Jesús Espinosa Gaitán,
Instituto Andaluz del
Patrimonio Histórico
Francisco José García
Fernández, Universidad de
Sevilla
Marta García de Casasola
Gómez, Universidad de Sevilla
José Luis Gómez Villa, Instituto
Andaluz del Patrimonio
Histórico
Arturo Jiménez Viera,
Universidad de Sevilla
Sebastián Vargas-Vázquez,
Universidad de Sevilla

Coordinación del programa
de publicaciones del IAPH:
Marta Sameño Puerto,
Directora de Investigación
y Transferencia

Equipo editorial IAPH:
María Cuéllar Gordillo
Cinta Delgado Soler
Carmen Guerrero Quintero

Corrección de textos:
Decultura Ediciones

Diseño:
Manolo García nz

Maquetación:
María Rodríguez Achútegui

Impresión: J. de Haro

Esta obra está bajo una
licencia Creative Commons
Reconocimiento-NoComercial-
SinObraDerivada 3.0 España.

La licencia completa está
disponible en:
[http://creativecommons.org/
licenses/bync-nd/3.0/es/](http://creativecommons.org/licenses/bync-nd/3.0/es/)

Esta guía se ha realizado en el
marco del proyecto “Estudio,
intervención y recuperación de
la construcción con tierra en
la Baja Andalucía” (CrudUS),
financiado por el Fondo
Europeo de Desarrollo Regional
(FEDER) y la Consejería de
Transformación Económica,
Industria, Conocimiento y
Universidades de la Junta
de Andalucía, dentro del
Programa Operativo FEDER
2014–2020 (US–1381493),
y coordinado desde la
Universidad de Sevilla.



AÑO DE EDICIÓN: 2023
ISBN: 978-84-9959-484-2
DL: SE 495-2024

Guía de buenas prácticas para la intervención arqueológica sobre arquitectura en tierra cruda

Coordinación

Francisco José García Fernández
Universidad de Sevilla

José Luis Gómez Villa
Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico

Presentación

La publicación de esta *Guía de buenas prácticas para la intervención arqueológica sobre arquitectura en tierra cruda* parte de la idoneidad e inquietud del ámbito del patrimonio cultural en aceptar nuevos retos como vía de aprendizaje, experimentación y transmisión del conocimiento. Un reto que, en el caso la arquitectura en tierra cruda, parte de la propia complicación de conservar y preservar esta tipología arqueológica en los procesos tanto de localización, como excavación y puesta en valor. Un reto en el que, partiendo de la experiencia de los profesionales en el sector, se van a proponer recorridos metodológicos que reviertan en la sociedad, mejorando procedimientos de trabajo y su transferencia.

Esta guía vincula la línea editorial del IAPH de transferir a la comunidad el resultado de la abstracción de sus experiencias técnicas mediante el establecimiento de protocolos y metodologías por las que incidir en la conservación y tutela del patrimonio, con el proyecto crudUS de la Universidad de Sevilla (proyecto de investigación, Estudio, intervención y recuperación de la construcción con tierra en la Baja Andalucía), una iniciativa de I+D+i financiada en el marco del Programa Operativo FEDER Andalucía 2014-2020.

La colaboración entre la naturaleza investigadora de la Universidad y el recorrido técnico de los organismos de la administración pública viene siendo una constante desde el IAPH, favoreciendo con ella la conjugación en el patrimonio cultural de experiencias y resultados contrastados. En esta guía de buenas prácticas, al procedimiento de intervención, investigación y conservación reglados desde la arqueología, se suman las experiencias de la caracterización de materiales o los procesos de conservación que el Instituto acomete.

Con minuciosa precisión, a lo largo de esta publicación se exponen herramientas de conocimiento que permitan garantizar la preservación física de los bienes en tierra cruda a través de sus valores materiales como fuente de conocimiento. Se establecen recomendaciones para la aplicación de pautas para la conservación de los restos arqueológicos en campo, para facilitar su continua interpretación o disfrute por las generaciones futuras, así como se establecen estrategias para la prevención. Por último, como aportación de la tan necesaria normalización de los procedimientos, se presenta el esquema de un proceso de trabajo que incida en las máximas necesidades para la consecución de las buenas prácticas que se proponen.

Nuestra era, superada ya la globalización, imbricada cada vez más en la tecnologización, necesita de productos como el que ahora presentamos con los que también el conocimiento sea sostenible, aquí en su unión investigadora y teórica, técnica y práctica. Con ella, el reto de la preservación de la arquitectura en tierra cruda que forma parte del patrimonio cultural de Andalucía será mejor reconocida, apreciada e imbricada en nuestra sociedad.

Juan José Primo Jurado
Director del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico

Índice

04

Presentación

Juan José Primo Jurado

08

Introducción

Marta García de Casasola Gómez, Francisco
José García Fernández, Arturo Jiménez Viera,
María Arjonilla Álvarez, José Luis Gómez Villa

Bloque A

Aproximación conceptual y metodológica

36

Capítulo 1

¿Qué es la arquitectura en tierra cruda?
Arturo Jiménez Viera

60

Capítulo 2

¿Qué es una intervención arqueológica?
La arqueología, el método arqueológico y
los tipos de actividades arqueológicas
Francisco José García Fernández, Sebastián
Vargas-Vázquez

Bloque B

Antes: planificación

82

Capítulo 3

Antes de intervenir: la importancia de la planificación

Francisco José García Fernández

112

Capítulo 4

Antes de intervenir: pronóstico y gestión de riesgos para la planificación de la excavación

María Arjonilla Álvarez

Bloque C

Durante: intervención arqueológica

126

Capítulo 5

Durante la intervención: el proceso de reconocimiento de las estructuras

Francisco José García Fernández, Sebastián Vargas-Vázquez, Jesús Espinosa Gaitán

178

Capítulo 6

Durante la intervención: los riesgos asociados al proceso de excavación

María Arjonilla Álvarez

Bloque D

Después: gestión de la conservación y mantenimiento

216

Capítulo 7

Después de la intervención: la conservación de las estructuras

Sebastián Vargas-Vázquez, Francisco José García Fernández

236

Capítulo 8

Después de la intervención: riesgos asociados a la falta de difusión y correcto mantenimiento

María Arjonilla Álvarez

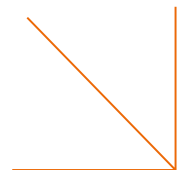
248

Epílogo

Marta García de Casasola Gómez, José Luis Gómez Villa, Francisco José García Fernández

262

Bibliografía



A large, white, sans-serif capital letter 'A' is centered on the page. It is superimposed over a sepia-toned photograph of a field. In the background, a person is walking away on the left, and another person wearing a hat is walking towards the right in the foreground. The overall tone is warm and historical.

A

BLOQUE

(01, 02)

01

¿Qué es la arquitectura en tierra cruda?

Arturo Jiménez Viera
Grupo de investigación
HUM1008-ARPAE-Arquitectura,
Patrimonio y Ecología,
Universidad de Sevilla

Introducción

La arquitectura en tierra cruda es aquella creada mediante el uso de materiales de construcción cuyo aglutinante principal son las arcillas de las tierras o suelos empleados para tal fin, sin que exista presencia de ningún otro conglomerante como yeso, cal aérea o hidráulica, o cemento natural o artificial, u otras posibles sustancias que puedan modificar la estructura cristalina de las tierras y eviten la reversibilidad del material ante la presencia de agua. “Tierra cruda” significa que al

ser humedecida esta puede volver a ser una materia prima sin cohesión, modificando su estado de sólido a plástico o incluso a líquido.

Este tipo de edificación es histórica, pues existen hallazgos arqueológicos que datan su uso en la península ibérica desde hace más de tres mil años; presenta una amplia variedad de formas arquitectónicas y técnicas constructivas en multitud de latitudes, alturas y climas por todo el globo terrestre, demostrando la adaptación de la misma a cada entorno ecosistémico, incluido



Yacimiento arqueológico Cerro de la Cruz, Almedinilla, Córdoba, 2022. Foto: Arturo Jiménez Viera

el cultural; teniendo presencia incluso en la actualidad del sector de la edificación en territorios industrializados como son Centroeuropa o Norteamérica.

Materias primas

En un mismo suelo o tierra pueden existir uno o diversos tipos de arcillas, según el origen geológico y la transformación del suelo, contándose por cientos los ejemplos de arcillas presentes en la naturaleza y organizadas por clases. Cada tipo de arcilla presenta, además, comportamientos físicos y químicos diferentes. Cuando hablamos de un material en base a tierra, en estado seco, la cohesividad es aportada principalmente por la capacidad atractiva que tienen las partículas de agua y de arcilla presentes en la tierra, debido a ciertas propiedades electroquímicas, adheriéndose entre sí y al resto de partículas de mayor tamaño y de nula o escasa capacidad cohesiva como son limos, arenas o gravas. Se ha de notar que “tierra” o “suelo” no son sinónimos de “arcilla”, ya que esta es un tamaño de partícula a la vez que unas ciertas composiciones químicas, pudiendo albergar un suelo partículas de mayor dimensión. Es más, en los materiales de construcción en base a tierra cruda, las arenas juegan un papel

crucial en el comportamiento físico, químico, mecánico y de durabilidad de los mismos.

El empleo de la tierra cruda presenta ciertas ventajas respecto a otro tipo de materias primas o materiales de construcción que necesitan la aplicación de tecnologías con un mayor uso de recursos naturales y complejidad técnica y que conllevan, además, una mayor toxicidad ambiental o, incluso, la captación de recursos a grandes distancias. Las tierras o suelos están presentes en una gran parte de la corteza terrestre y su utilización en construcción para la arquitectura prehistórica y protohistórica ha sido de forma cruda, fundamentalmente, sin conversión a material cerámico, por horneado, o pétreo, por adición de cal, yeso o cemento. Tal puede ser el caso de la cerámica estructural, el yeso, el cemento o la cal, cuyas tecnologías de fabricación han ido evolucionando a lo largo del tiempo y con un uso creciente de recursos no renovables. Actualmente, el uso de la tierra para construcción lleva sufriendo décadas de procesos de mecanización e industrialización, en un intento de adaptar los procesos tecnológicos a los modelos económicos y culturas constructivas presentes en cada territorio del panorama mundial.

Su durabilidad se encuentra limitada por varios factores, aunque la presencia de agua es la principal causante de la fragilidad de la tierra cruda, debido a que aquella produce una falta de cohesión entre las partículas, que sí permanecen aglomeradas en estado seco, produciendo la disminución e incluso pérdida completa de resistencia mecánica de los materiales y elementos constructivos que puedan formar parte de una edificación o arquitectura. En general, los elementos que limitan la durabilidad de las arquitecturas de tierra, entre otros, son: cultura constructiva territorial, regional o local; conocimiento profesional en la fabricación y uso de materiales de construcción y puesta en obra de técnicas constructivas; riesgos y acciones accidentales naturales y artificiales como sismos, inundaciones o conflictos bélicos; capacidad para la identificación y captación correcta de materias primas y materiales de construcción; climatología; diseño y calidad de ejecución de la edificación; intervención arqueológica, restauración, uso y conservación; protección legal de la edificación.

Las materias primas habituales en la arquitectura de tierra prehistórica y protohistórica han sido muchas, presentándose la tierra usada sola o en combinación con otras tierras y/o sustancias que permitan con-

seguir o mejorar alguna propiedad material, como la resistencia mecánica, la durabilidad, la puesta en obra y su trabajabilidad, etc. Estos otros componentes diferentes han estado habitualmente vinculados al medio agropecuario y silvestre, siendo muchos de ellos productos o subproductos de culturas campesinas o de sociedades urbanas menor o mayormente industrializadas según su propio contexto histórico. Pasamos a citar algunas de estas materias primas:

- Tierras o suelos: conjunto de partículas minerales y de materia orgánica que pueden disgregarse mediante acciones mecánicas sim-



Perfil y estratos de suelo. Palomares del Río, Sevilla, 2023. Foto: Arturo Jiménez Viera

ples o incluso por la presencia de cierta cantidad de agua. Proceden de la degradación física y química de las rocas, pudiendo contener materia orgánica, así como líquidos y gases. Principalmente, en la construcción con tierra históricamente se han usado los estratos de suelos sin contenido orgánico (semillas, raíces, insectos, etc.) y sin la presencia de sustancias químicas no deseables (por ejemplo, sales solubles). Aunque existen excepciones, como el uso de tepes de herbáceas para impermeabilización de cubiertas en el norte de España y en Europa. No solo las tierras cohesivas o con capacidad de adquirir consistencia plástica en presencia de agua son y han sido utilizadas en la arquitectura de tierra. También los suelos no cohesivos se han usado en combinación con los cohesivos, tal y como se ha hecho históricamente para la elaboración de pastas cerámicas, con el objetivo de conseguir mejores materiales de construcción.

– Fibras vegetales y animales: obtenidas de usos agropecuarios o de recolección silvestre, como pueden ser paja de cereal o pelo animal. Se usan en general para evitar la retracción excesiva de tierras expansivas, es decir, aquellas que varían su volumen fuertemente según su estado sea húmedo o seco y dificultan mucho la elaboración de mate-

riales de construcción y su puesta en obra. También se emplean para incrementar la resistencia al impacto y a la compresión y flexión o incluso para obtener celulosa de la fermentación de fibras y mejorar la trabajabilidad de, por ejemplo, morteros de revestimiento, piezas de adobe, muros monolíticos o terminaciones de cubiertas planas.

– Polímeros naturales: de origen mineral, vegetal o animal. Entre otros, podemos encontrar ceras, aceites, bitumen, polisacáridos, caseína, resinas, estiércol animal, etc. Se emplean en materiales de tierra cruda, principalmente, para mejorar la cohesividad de las partículas, repeler el agua de lluvia sin anular o disminuir drásticamente la transpirabilidad del material, mejorar la trabajabilidad de morteros y su adherencia, etc.

– Otros: la tierra como material de construcción se suele acompañar o combinar en las edificaciones con otras materias primas básicas, según el contexto ecológico. como otras fibras vegetales, madera, rocas, cal aérea e hidráulica natural, yeso, pigmentos minerales y vegetales, etc.

Los suelos pueden ser clasificados mediante varios sistemas que tienen por misión describir, caracterizar y ordenar materiales de origen geológico, agrupando estos por sus



Cantera de tierra en Alcolea del Río, Sevilla, 2023. Fotos: Arturo Jiménez Viera



Cantera de tierra en El Viso del Alcor, Sevilla, 2017



Tierras pizarrosas en Pitres, Granada, 2021



Cantera de tierra en Brenes, Sevilla, 2017

propiedades materiales. El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), actualizado en el documento normativo ASTM D 2487-93, es el más utilizado en trabajos de ingeniería geotécnica. También se emplea el sistema AASHTO M 145, de la American Association of State Highway and Transportation Officials, que difiere del SUCS por aplicarse a trabajos diferentes. La distribución del tamaño de partículas y sus límites de Atterberg, también

llamados límites de plasticidad o de consistencia, son fundamentales para entender la clasificación de los suelos en estos sistemas.

Materiales de construcción y técnicas constructivas

En relación con los materiales de construcción en base a tierra y sus técnicas de fabricación y puesta en obra, pueden distinguirse varias de estas últimas en contextos ar-

Grava	Grava bien graduada, fina a gruesa	GW
	Grava pobremente graduada	GP
	Grava limosa	GM
	Grava arcillosa	GC
Arena	Arena fina a gruesa	SW
	Arena pobremente graduada	SP
	Arena limosa	SM
	Arena arcillosa	SC
Limos y arcillas de límite líquido inferior a 50	Limo	ML
	Arcilla	CL
	Limo o arcilla orgánica	OL
Limos y arcillas de límite líquido igual o superior a 50	Limo de alta plasticidad	MH
	Arcilla de alta plasticidad	CH
	Arcilla o limo orgánico	OH
	Turba	Pt

Resumen del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos. Grava (G); Arena (S); Limo (M); Arcilla (C); Orgánico (O); Pobremente graduado o con distribución de partículas uniforme (P); Bien graduado o con distribución de partículas diversa (W); Alta plasticidad (H); Baja plasticidad (L). Tabla: elaboración propia

queológicos. Las principales son: de mampuestos, como el adobe para muros, bóvedas o cúpulas; monolíticos, como la tapia o la pared mano; de relleno de estructuras de entramado de madera, con el uso de ramas leñosas combinadas con morteros de tierra y/o fibras vegetales, cuya técnica es la del encestado, o con mampostería de piezas de adobe, generalmente; morteros para revestimientos verticales y horizontales en pavimentos, enfoscados, formación de cubiertas planas; pinturas de tierra. A pesar de esta clasificación general de

técnicas, pueden existir infinidad de variantes con denominaciones regionales diversas.

Teniendo presente que una edificación puede contener diferentes elementos constructivos de estructura vertical y horizontal, particiones, revestimientos, instalaciones, impermeabilizaciones e hidrofugados, etc., las técnicas constructivas presentes en una misma edificación pueden dividirse de varias maneras. A pesar de que numerosas publicaciones señalan una misma técnica y sus similares con diferentes nomi-



Impermeabilización de cubierta plana mediante tierra arcillosa procedente de rocas de pizarra. Pitres, Granada, 2021.
Fotos: Arturo Jiménez Viera



Estructura-cerramiento de *torchis* o entramado de madera, ramas y mortero de tierra y fibras vegetales. Región de Languedoc, Francia, 2022



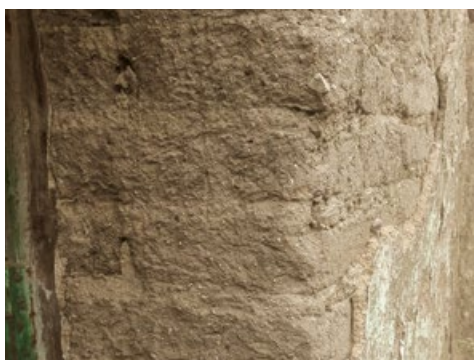
Muro de tapia de tierra. El Garrobo, Sevilla, 2021



Estructura-cerramiento de entramado de madera relleno por mampostería de adobe. Covarrubias, Burgos, 2021



Cob, bauge o pared de mano. Región de Normandía, Francia, 2020



Partición de mampostería de adobes y enfoscado de tierra. Guillena, Sevilla, 2020

naciones, y en los yacimientos arqueológicos encontramos elementos realizados con técnicas “mixtas” que carecen de denominación común reconocida en el panorama científico, nos centramos en tres formas de clasificación de gran utilidad para la comprensión del uso de la tierra en edificación, sin menoscabo de otras enumeraciones exhaustivas de técnicas constructivas en función del contexto territorial. Se excluyen técnicas de fabricación y puesta en obra de reciente aparición contemporánea, como pueden ser bloques de tierra comprimida, hormigón de tierra en estado líquido o paneles prefabricados de tierra y fibras vegetales.

Las clasificaciones propuestas son las siguientes:

- Por ser técnicas utilizadas en edificaciones con carácter de mampostería, monolíticas o de entramado con relleno de adobes o encestado, para la creación de sus cerramientos y/o estructuras verticales e incluso particiones interiores. Por ejemplo, el adobe en mampostería, el cual es un material prefabricado, tiene la versatilidad de utilizarse en muros de carga, pilares, particiones interiores, elementos auxiliares, cubiertas, pavimentos, etc. Mientras que la tapia o la pared mano constituyen técnicas monolíticas que se

elaboran *in situ* y suelen ser empleadas para la creación de estructuras murarias verticales con espesores mínimos de 45 cm, medida no muy versátil para realizar particiones en la arquitectura doméstica, aunque también existen ejemplos de mampuestos en estado sólido o plástico para ejecución de divisiones. Finalmente, un entramado vertical de madera puede rellenarse mediante adobes o con ramas leñosas entrelazadas y morteros de tierra con o sin fibra vegetal, llamada técnica del encestado, para conformar a la vez cerramiento y estructura, o también para crear particiones interiores, principalmente. No cabe duda de que la técnica del encestado también puede aparecer en exclusiva para la creación de un cerramiento, sin la presencia de grandes escuadrías de madera como ocurre con los entramados.

- Por ser el elemento constructivo de comportamiento estructural o no estructural. Ya que una fachada de edificación pudiera ser, por ejemplo, de mampostería de adobe o tapia de tierra comportándose como estructura vertical, o bien pudiera ser de entramado de madera, cuyo relleno es o de mampuestos o de ramas leñosas y morteros de tierra y/o fibras vegetales, llamado encestado, pero donde la tierra no adquiere una función principal de estructura vertical de la edificación, pues es la madera

la que asume esta labor, a pesar de que los rellenos o plementos sí rigidizan aún más la estructura de madera y pueden ejercer una considerable contribución mecánica al sistema completo. Además, una partición interior o tabique, no estructural, tendrá normalmente espesor menor y mayor esbeltez que las estructuras verticales, ya que no recibe las cargas de la estructura horizontal de cubierta, de posibles entreplantas,

de su peso propio o incluso el requerimiento de ser sismorresistente. Pudiendo ser consideradas también como estructura horizontal las cubiertas, ya sean planas, inclinadas o realizadas mediante bóvedas o cúpulas.

–Por el estado de consistencia durante la fabricación y/o puesta en obra de las pinturas, morteros u hormigones conducentes a la elaboración previa de piezas o la



Sólido, cantera tierra. Bailén, Jaén, 2023



Semisólido, hormigón de tierra para muro de tapia. Palomares del Río, Sevilla, 2023



Plástico, mortero para adobe, albañilería, enfoscado base, etc. Sevilla, 2019



Líquido, para pintura. Sevilla, 2023
Fotos: Arturo Jiménez Viera

Suelos y límites de Atterberg

Material de construcción según su preparación	Contenido en agua	Estados de consistencia	Límites	Acción en fabricación de material de construcción o aplicación <i>in situ</i>
Pinturas	Contenido en agua creciente, desde cero en estado sólido a mayor en estado líquido	Líquido	Líquido	Pintar
Mortero revestimientos base y fino, horizontal o vertical. Adobe y otros mampuestos o piezas secadas o no previamente a su puesta en obra. Muro <i>in situ</i> de <i>cob</i> , <i>bauge</i> o pared mano. Mortero en rellenos de entramado de madera. Mortero para fábrica de mampostería. Relleno cubiertas		Plástico/ Plástico-líquido		Proyectar o moldear
Tapia <i>in situ</i> . Bases de pavimento y relleno por tongadas		Semisólido	Plástico	Compactar
		Sólido	Retracción	

Estados de consistencia de un suelo y límites de Atterberg para la fabricación o puesta en obra de material de construcción

creación *in situ* de materiales que conlleven la conversión conjunta de elementos constructivos en edificación. Lo cual indica que el uso de la cantidad de agua en la fabricación y/o puesta en obra del material de construcción también es determinante a la hora de clasificar las técnicas constructivas.

Los estados de consistencia de un suelo son cuatro: sólido, semisólido, plástico y líquido. Por ello, en la construcción con tierra siempre será fundamental la doble consideración de adaptar la técnica al suelo usado o el suelo usado a la técnica constructiva de una edificación determinada.

Es evidente que, para poder fabricar un adobe mediante molde, se necesita de un mortero en estado plástico de tal forma que se pueda adquirir la forma exacta del molde. Al tratarse de una pequeña pieza que tras su secado deberá ser sólida e íntegra sin posibilidad de romperse fácilmente en su manejo durante la puesta en obra, se necesita activar la capacidad cohesiva de las arcillas presentes en el mortero mediante una determinada cantidad de agua, consiguiendo, además, que la trabajabilidad sea adecuada para poder proyectar el mortero en el molde. Por otro lado, si bien ponemos en obra la técnica de la tapia se necesitará de un encofrado y de pisones para compactar un hormigón de tierra en estado semisólido, permitiendo una compactación adecuada sin deformaciones plásticas en la ejecución por tongadas.

Resumiendo lo que son las principales técnicas constructivas para la creación de estructuras verticales presentes en la península ibérica hasta la fecha, demostradas en época antigua, se pueden mencionar:

- Mampostería de adobe: compuesta por piezas, prismáticas generalmente, de dimensiones desde 10 x 15 x 30 hasta 10 x 30 x 45 cm aproximadamente, con masas que osci-

lan de 8 a 26 kg, aunque otras medidas son posibles, elaboradas por morteros de tierra con o sin fibras vegetales tipo de cereal, generalmente, en estado plástico y formadas en molde, y que son secadas al aire sin emplear hornos cerámicos. Bien es cierto que el espectro de las métricas de las piezas de adobe documentadas en yacimientos arqueológicos prehistóricos y protohistóricos es amplio y obedece a factores tales como culturales, de manejo o de puesta en obra. No cabe duda de que pueden encontrarse otro tipo de mampuestos en los yacimientos arqueológicos de España, como ocurre en otras regiones del mundo.

- Pared mano, en español, *cob* en inglés, *bauge* en francés, aunque también llamado por algunos autores en arqueología “amasado”: se trata de la misma técnica. Son estructuras verticales ejecutadas mediante morteros plásticos de tierra y/o fibras vegetales similares a los empleados para fabricar adobes, pero con una plasticidad más baja debido a la forma en la que se colocan en el muro. Se trata de porciones de mortero plástico que se colocan manualmente en el interior de un encofrado con una leve presión ejercida por manos, pies o un palo de madera. Aunque también se puede colocar sin encofrado, teniendo posteriormente que cortar

a plomo, verticalmente, el sobrante de mortero en estado semisólido, que sobresale de la cara exterior e interior del muro. Para esta operación en épocas históricas recientes se han utilizado palines o espadas afiladas como puede verse en la región francesa de Normandía o la inglesa de Devon.

– Tapia de tierra: estructura muraria vertical realizada mediante hormigón de tierra en estado semisólido y compactado por tongadas mediante pisones manuales en el interior de un encofrado, el cual es retirado al final del proceso de compactación y relleno del mismo. El desencofrado inmediato y secado o curado al aire permite el endurecimiento y el alcance del estado sólido y la necesaria resistencia a la compresión.

– Entramado de madera y plemento de mampostería o encestado: elementos, normalmente verticales y estructurales o simplemente de partición interior no estructural, elaborados mediante una estructura, triangulada o no, de madera, y cuyos huecos son rellenados mediante ramas leñosas entretejidas y morteros de tierras con o sin fibras vegetales, técnica del encestado o simplemente mediante adobes colocados con mortero u otro tipo de mampuestos. El relleno o plemento contribuye a la rigidización del entramado, pero es la madera la que

adquiere la función estructural principal. Bajo el marco general de la técnica de entramado y encestado, podemos encontrar denominaciones regionales de ciertas técnicas distribuidas por el globo terrestre. Algunas son: bahareque, quincha, *torchis*, *wattle and daub*, etc.

Comportamiento

El comportamiento de la tierra cruda como material de construcción, elemento constructivo o edificación, puede ser evaluado mediante ensayos científicos destructivos o no destructivos, *in situ* o en laboratorio, y de carácter físico, mecánico, químico y de durabilidad, principalmente, conducentes a conocer sus propiedades materiales.

Los elementos constructivos en base a tierra cruda suelen presentar, en general, resistencias mecánicas a compresión simple del orden de 1 a 2 MPa, siendo la resistencia a tracción del orden del 10 % en relación a la resistencia a compresión. Resistencias bajas en relación a otros materiales pétreos. Sin embargo, ello no ha constituido un inconveniente histórico en la creación de edificaciones de gran altura como las presentes en Shibam, Yemen, donde se alcanzan las 11 plantas mediante muros de carga de piezas de adobe cuya tensión nominal en el interior



Edificación en tierra cruda con diferentes técnicas constructivas de tapia y adobe. Interior. Guillena, Sevilla, 2020. Foto: Arturo Jiménez Viera

del muro es baja y su resistencia mecánica sobradamente suficiente. También han existido y existen edificaciones en tierra cruda en regiones de alta sismicidad, adaptando diseño y materiales de construcción para tener capacidad de carga y ductilidad suficientes. Por tanto, la resistencia mecánica de una edificación en tierra cruda no depende solo de cómo se ha elaborado el material de construcción o de las materias primas usadas, también son fundamentales otros aspectos como: diseño arquitectónico; habilidad y grado de especialización de los constructores ejecutantes y los tipos de tecnologías empleadas; presencia de riesgos naturales o antrópicos de gran envergadura en su capacidad lesiva sobre el edificio; uso, conservación y mantenimiento apropiado; etc.

La durabilidad de una edificación principalmente construida con tierra cruda también obedece a múltiples factores, tal y como ocurre en su resistencia mecánica. Sin embargo, la tierra cruda como material de construcción, tal y como se ha señalado en párrafos anteriores, presenta la desventaja de ser muy vulnerable a la presencia de agua, ya sea pluvial, de escorrentía, de inundación o de capilaridad, ya que no se trata de un material pétreo ni cerámico, cuyas partículas están

firmemente unidas incluso estando sumergido en agua. También el viento puede actuar desgastando las superficies de los elementos constructivos, y en combinación con otros factores abióticos, bióticos y antrópicos. Sobre esta cuestión se ahonda en capítulos posteriores de la presente guía.

La habitabilidad y confort interior en la arquitectura en tierra cruda tampoco dependen en exclusiva de las propiedades higrotérmicas intrínsecas al material tierra. Si bien las técnicas de la tapia o la mampostería de adobe presentan estructuras murarias para una envolvente de gran densidad del orden de entre 1.600 y 2.200 kg/m³ y alta conductividad térmica, estas estructuras suelen tener valores de espesores mínimos en torno a los 45–60 cm. Esto provoca que, por ejemplo, en climas mediterráneos actuales el confort térmico interior en la estación más calurosa sea apropiado, mientras que en la estación más fría sea necesario el uso de calefacción por medios activos o pasivos, ya que la tierra como material denso es capaz de captar lentamente, almacenar y ceder la energía térmica hacia el interior de la edificación mediante un desfase temporal determinado. Sin embargo, como ya hemos señalado anteriormente, una edifica-

Arquitectura en tierra cruda

Factores que afectan al comportamiento		Ejemplo de comportamiento ante factor	Control del comportamiento	Ejemplos control comportamiento
Bióticos	Fauna: Insectos. Mamíferos. Aves, etc	Sustracción de tierra. Perforaciones para nidos. Deyecciones. Fisuración y colapso de elementos constructivos	Control de la envolvente	Cubierta y Cerramiento hidrófugo–transpirable, aislante, paso de luz solar, modulable y ampliable durante excavación; Materiales de construcción similares a los del yacimiento (madera, fibras, tierra, cal aérea, rocas, etc). Evitar las condiciones ambientales que permiten su presencia en vez de usar biocidas. Fitosanitarios naturales sin polución. Uso de consolidantes superficiales compatibles
	Flora	Perforación de elementos constructivos por raíces. Fisuración. Colapso	Control del interior y entorno inmediato al yacimiento	Eliminación manual o mecánica. Evitar su presencia en vez de usar biocidas. Fitosanitarios naturales sin polución
	Hongos. Líquenes	Biofilm en superficie de elementos constructivos	Control del interior y entorno inmediato al yacimiento	Evitar condensación superficial e intersticial por el uso de cubiertas impermeables no transpirables y falta de ventilación. Seguimiento de parámetros higrotérmicos apropiados en el yacimiento

Factores que afectan al comportamiento		Ejemplo de comportamiento ante factor	Control del comportamiento	Ejemplos control comportamiento
Abióticos	Agua pluvial directa y de escorrentía	Pérdida de material, superficial y volumétrica, en elementos constructivos. Pérdida de resistencia mecánica o posible colapso en estructuras y otros elementos constructivos. Pérdida de impermeabilización en cubierta protectora, provisional o permanente, de yacimiento	Control del agua pluvial mediante cubiertas y derivaciones a zonas alejadas del yacimiento. Protección mediante relleno parcial o completo de la excavación. Protección de coronaciones, alzados y pies de estructuras	Estanqueidad de la envolvente y uso de colectores y arquetas de paso y registros impermeables. Rellenos de tierras con diferenciación de las estructuras y control del agua. Albardillas coronación muros, revestimientos protectores (encapsulado), etc.
	Agua capilaridad	Pérdida de resistencia mecánica de estructuras y revestimientos. Colapso	Control de agua pluvial y agua subterránea	Zanjas perimetrales e impermeabilizaciones a pie de estructuras. Inyección en el terreno de <i>grouts</i>
	Agua subterránea	Pérdida de resistencia mecánica del suelo de apoyo de la edificación	Control de agua subterránea	Estudio geotécnico. Instalación de piezómetros
	Agua de condensación	Precipitación de gotas de agua sobre elementos constructivos, pérdidas de cohesividad del material	Control de agua de condensación	Uso de envolvente hidrófuga–transpirable, con elevada capacidad de aislamiento térmico. Control de ventilación y condiciones higrotérmicas en el yacimiento
	Luz solar	Transformación de apariencia en elementos constructivos: pinturas de tierra, etc.	Control luz solar	Filtros ultravioleta en huecos horizontales y verticales de iluminación natural. Uso de iluminación artificial

Factores que afectan al comportamiento		Ejemplo de comportamiento ante factor	Control del comportamiento	Ejemplos control comportamiento
Abióticos	Empujes del terreno y de estructuras entre sí mismas (también puede ser un factor de origen antrópico)	Rotura de elementos constructivos. Colapso	Control de los empujes	Uso de arriostramientos y apuntalamientos en excavaciones profundas en función de la resistencia mecánica de los elementos, con presencia de agua o no
Antrópicos	Proceso de identificación de elementos constructivos y de excavación incorrectos	Destrucción de elementos constructivos	Detección previa y adecuada de elementos constructivos, con previsión de condiciones ambientales adecuadas y estables	Ensayos científicos <i>in situ</i> . Acopio <i>in situ</i> de tierra de excavación para estudios y usos futuros en lugar de su llevada a vertedero. Determinación de protocolo de excavación específico en yacimientos construidos en tierra cruda
	Uso de técnicas, materiales de construcción y sustancias, para la conservación y reintegración de elementos constructivos, no compatibles con los elementos constructivos existentes	Falta de transpirabilidad en elementos constructivos, produciendo daños irreversibles y posible decaimiento	Compatibilidad y reversibilidad de las actuaciones de conservación, reintegración y reconstrucción	Campaña experimental de ensayos de campo y laboratorio sobre elementos constructivos similares a los presentes en el yacimiento. Reutilización de las tierras de excavación para la fabricación de materiales para la consolidación, reintegración, restauración y reconstrucción del yacimiento

Factores que afectan al comportamiento		Ejemplo de comportamiento ante factor	Control del comportamiento	Ejemplos control comportamiento
Antrópicos	Ausencia de plan de conservación preventiva y a largo plazo, específico para edificaciones y profesionales especializados en arquitectura y construcción con tierra	Degradación general	Plan de conservación preventiva y a largo plazo	Planificación a corto, medio y largo plazo, con la participación de profesionales facultativos y operarios especializados en construcción con tierra y la intervención en yacimientos arqueológicos. No intervenir
	Tránsito de trabajadores y usuarios	Destrucción de elementos constructivos	Control del tránsito	Uso de pasarelas protegidas separadas de elementos constructivos
	Ausencia de arriostramientos y apeos en elementos constructivos	Rotura de elementos constructivos. Colapso	Control de los empujes	Uso de arriostramientos y apuntalamientos en excavaciones profundas en función de la resistencia mecánica de los elementos, con presencia de agua o no
	Uso de fitosanitarios	Presencia de costras y manchas superficiales. Pérdida de resistencia mecánica de elementos estructurales. Colapso	Control de uso	Evitar su presencia en vez de usar biocidas incluso en el entorno inmediato al yacimiento. Fitosanitarios naturales sin polución
	Uso de riego por inundación en cultivos	Pérdida de resistencia mecánica de estructuras y revestimientos. Aparición de fisuraciones estructurales. Colapso	Control del entorno inmediato al yacimiento	Defensas, zanjas perimetrales e impermeabilizaciones

Factores que afectan al comportamiento		Ejemplo de comportamiento ante factor	Control del comportamiento	Ejemplos control comportamiento
Antrópicos	Ausencia de conciencia pública o privada y de protección legal del bien o edificio	Destrucción parcial o completa de edificaciones	Puesta en valor del patrimonio construido en tierra	Actividades participativas dirigidas a la ciudadanía. Planes educativos para los niveles de educación superior y formación profesional. Planes de catalogación, protección, educación y difusión sobre arqueología, arquitectura y construcción con tierra
	Destrucción por movimientos de tierra en obra civil	Destrucción de elementos constructivos	Protección del bien	Vallados y señalizaciones
	Conflicto bélico	Destrucción de elementos constructivos	Protección del bien	
Accidentales	Sismo	Pérdida de resistencia mecánica de estructuras. Colapso	Control de resistencia estructural	Uso de arriostramientos y apuntalamientos en estructuras en función de la resistencia mecánica de los elementos, con presencia de agua o no (Esbeltez vertical y horizontal, geometría huecos, enterramientos parciales, etc.). Reconstrucción
	Viento	Pérdida de material en elementos constructivos	Control del viento	Control de la envolvente. Uso de consolidantes, fijativos y reintegraciones apropiadas

Factores que afectan al comportamiento		Ejemplo de comportamiento ante factor	Control del comportamiento	Ejemplos control comportamiento
Accidentales	Incendio	Modificación y destrucción de elementos constructivos		Plan de protección contra incendios
	Inundación	Pérdida de resistencia mecánica de estructuras. Colapso	Control de agua pluvial, de escorrentía y de cauces fluviales	Zanjas perimetrales e impermeabilizaciones a pie de estructuras. Inyección en el terreno de <i>grouts</i> . Cambios de polaridad en terreno y estructuras
	Otros riesgos naturales: geológicos, meteorológicos e hidrológicos, climatológicos y cósmicos	A determinar	A determinar	A determinar

Comportamiento de la arquitectura en tierra cruda. Factores, control y ejemplos.
 Tabla: elaboración propia

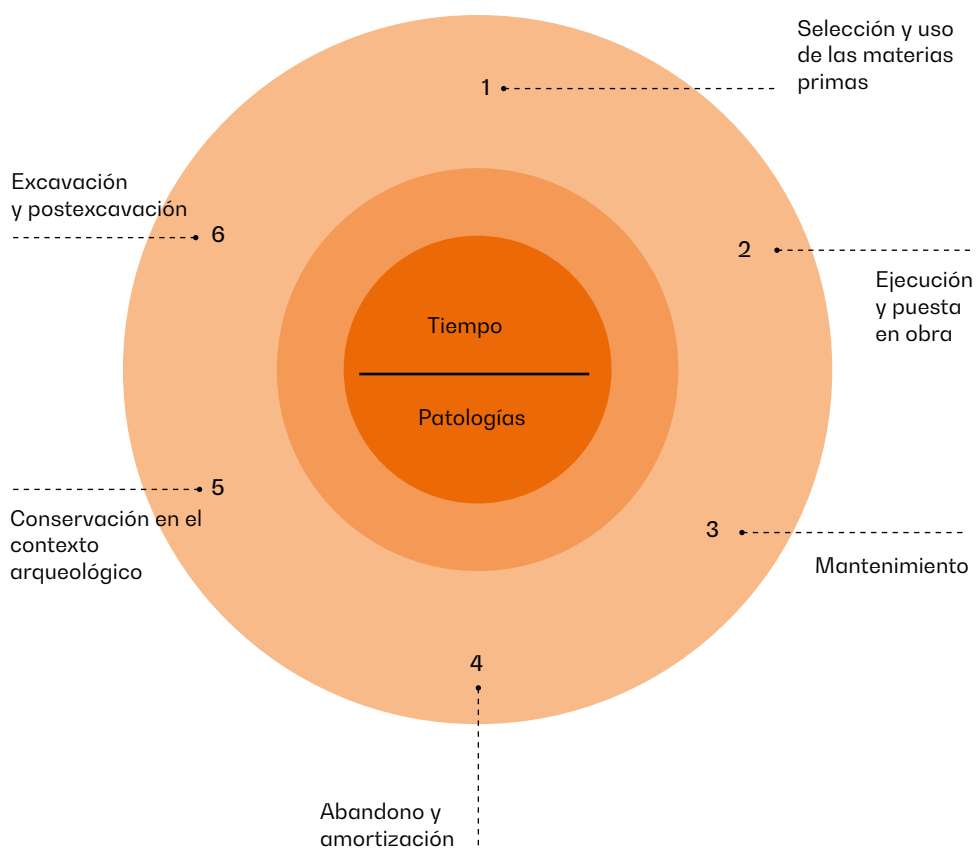
ción construida principalmente en tierra cruda suele ir acompañada de otros materiales y de múltiples factores de diseño, calidad y especialización de constructores en la ejecución, o del contexto cultural, social o ambiental presente. Es por ello por lo que el confort térmico interior de un edificio construido en tierra no solo depende del material tierra. Véase el caso manifiesto de un edificio de estructura muraria en tierra cruda con una cubierta ligera de madera y pasto vegetal, a diferencia de aquellas

cubiertas pesadas abovedadas o cupuladas mediante mampostería de adobe.

Finalmente, desde el punto de vista de la temporalidad, las patologías que suelen presentar las construcciones realizadas en tierra cruda documentadas en los yacimientos arqueológicos pueden tener su origen en algunos de los seis momentos en los que podemos dividir el ciclo vital de las mismas, siendo provocadas en cada una de estas fases por factores y agentes distintos:



Comportamiento de un yacimiento de arquitectura de tierra. Infografía: Arturo Jiménez Viera



Ciclo vital de las construcciones realizadas en tierra en contextos arqueológicos. Infografía: Arturo Jiménez Viera

1. Selección y uso de las materias primas: como se ha visto a lo largo de este capítulo, el uso de materias primas inadecuadas para la prefabricación o puesta en obra *in situ* de materiales de construcción o un uso deficiente de estos pueden generar patologías incluso durante la ejecución del edificio, momento en que se pueden revertir en caso de ser detectadas. Aunque, por otro lado, estas lesiones pueden aparecer tras la finalización de la obra, a corto, medio o largo plazo, afectando a su comportamiento mecánico y de durabilidad.

2. Ejecución y puesta en obra: del mismo modo, la elección de unas técnicas constructivas adecuadas a las materias primas disponibles y a las condiciones físicas y ambientales del lugar donde se va a levantar el edificio son aspectos clave que afectarán a su durabilidad, así como a su habitabilidad y confort. Por su parte, la correcta ejecución de todas las tareas que implica su cadena operativa garantizará su calidad edificatoria.

3. Mantenimiento: la mayor o menor capacidad y voluntad invertida en el mantenimiento de estos elementos constructivos o edificaciones afecta a su durabilidad y, en consecuencia, al tiempo en que pueden llegar a quedar obsoletas, siendo necesarias, o incluso más eficientes, su demolición comple-

ta o amortización parcial por una edificación de nueva planta. Ello supone no solo la reparación de los daños o patologías que hayan podido surgir en sus distintas partes, sino también la eliminación de las causas que las originan.

4. Abandono y amortización: la forma en que una edificación acaba colapsando está determinada en gran medida por las propias causas de su abandono (obsolescencia de la edificación, huida repentina de sus habitantes, desuso intencionado, etc.) o los eventos o accidentes que pudieran haber acontecido durante su periodo de ocupación (incendio, sismo, inundación, etc.). Como se verá en los capítulos 4 y 5, estos procesos condicionan la manera en que intervendrán luego sobre la estructura los agentes abióticos, bióticos y antrópicos, así como la propia formación del registro arqueológico.

5. Conservación en el contexto arqueológico: asimismo, a lo largo del tiempo en que un elemento constructivo o edificio está parcial o totalmente enterrado, actúan sobre él los denominados procesos postdeposicionales. Se denomina así a los movimientos, alteraciones o transformaciones que sufre el registro arqueológico después de su formación y que modifican sus características, afectando a su conservación. Estos cambios

pueden tener igualmente un origen natural (procesos geomorfológicos, ambientales, biogénicos, eventos catastróficos) o humano (expolio, laboreo agrícola, reutilización, destrucción, etc.).

6. Excavación y posexcavación: constituyen también, como se verá en los capítulos 5 a 8, eventos destructivos por cuanto modifican drásticamente las condiciones de conservación de los elementos constructivos en tierra cruda: temperatura, humedad, exposición a

la luz, pH, etc. De hecho, en la excavación o durante el tiempo que están los restos al descubierto se reactivan las afecciones previas o surgen otras nuevas debido a estos factores. La conservación preventiva o curativa y, en su caso, la restauración, retardarán, paliarán o paralizarán temporalmente el proceso de deterioro, aunque, de nuevo, su durabilidad dependerá del mayor o menor esfuerzo invertido en el mantenimiento de los elementos constructivos.