



Construcción con Tierra

Investigación y Documentación

XI CIATTI 2014

Congresos de Arquitectura de Tierra en Cuenca de Campos
2014.

Coordinadores: Félix Jové Sandoval, José Luis Sáinz
Guerra.

ISBN: 978-84-606-9543-1

D.L.: VA 758-2015

Impreso en España

Julio de 2015

Publicación online.

Este artículo sólo puede ser utilizado para la investigación, la docencia y para fines privados de estudio. Cualquier reproducción parcial o total, redistribución, reventa, préstamo o concesión de licencias, la oferta sistemática o distribución en cualquier otra forma a cualquier persona está expresamente prohibida sin previa autorización por escrito del autor. El editor no se hace responsable de ninguna pérdida, acciones, demandas, procedimientos, costes o daños cualesquiera, causados o surgidos directa o indirectamente del uso de este material.

This article may be used for research, teaching and private study purposes. Any substantial or systematic reproduction, re-distribution, re-selling, loan or sub-licensing, systematic supply or distribution in any form to anyone is expressly forbidden. The publisher shall not be liable for any loss, actions, claims, proceedings, demand or costs or damages whatsoever or howsoever caused arising directly or indirectly in connection with or arising out of the use of this material.

Copyright © Todos los derechos reservados

© de los textos: sus autores.

© de las imágenes: sus autores o sus referencias.

AGUA, AIRE, SOL Y TIERRA. CONSTRUIR Y HABITAR.

XI CIATTI 2014. Congreso Internacional de Arquitectura de Tierra
Cuenca de Campos, Valladolid.

Jorge Gallego Sánchez-Torija, Arquitecto. Profesor en ETS Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid. España.

María Antonia Fernández Nieto, Arquitecta. Profesora en Escuela Politécnica Superior Francisco de Vitoria, Madrid, España.

PALABRAS CLAVE: arquitectura de tierra, sostenibilidad, aire.

1. Introducción

“Cada mañana alguien comienza el día revolviendo barro para construir un refugio.”¹

“Hay algo primitivo, instintivo, animal, que nos atrae. Algo en el inconsciente colectivo que está ahí, evocando nuestro origen y el respeto y amor que le debemos a uno de los cuatro elementos clásicos de la teoría griega de la constitución del Universo: agua, aire, fuego y tierra...”²

“La tierra es un material empleado desde antiguo en la construcción monumental y

civil, y quizá el más abundante hasta no hace mucho tiempo.”³

Su distribución geográfica abarca amplias áreas de la geografía mundial. Según Ignacio de Oteiza, un tercio de la humanidad se protege de la intemperie mediante construcciones con tierra.⁴

No obstante, en España apenas tiene cabida dentro de la formación universitaria de los arquitectos.

El acercamiento a este material se produce en Europa, desde tres prismas distintos según



Figura 1: Modo de levantar las paredes con tierra apisonada. Fuente: Pereira, 1995.

ARCHITECTURE DE TERRE DANS LE MONDE



Figura 2: Mapa de las áreas donde existen construcciones de tierra. Fuente: <http://contierra.files.wordpress.com/2011/07/architectureterremondegd.jpg>. Consulta realizada: 14/7/2014

Julían Salas: “Hoy, con algo de perspectiva, intentaremos desmembrarlo en tres tipos de posicionamientos distintos ante el mismo material: el de restauradores, cooperantes y ecologistas.”⁵

El presente trabajo se acerca al uso de la tierra como material de construcción quizá desde un planteamiento más cercano al tildado como ecologista. Continuando la cita de Julián Salas: “Encuentran ellos en la tierra, «otras» características y valores, que más o menos matizadas, algunos hicieron suyas: la tierra material de nulo consumo energético; las construcciones con tierra como medio para el reencuentro con la naturaleza; la tierra como material de la arquitectura vernácula; la tierra como posibilitadora de nuevos-viejos espacios, parámetros y texturas; una técnica asimilable y cercana que el usuario puede reparar, ampliar, mejorar; una técnica constructiva facilitadora de la arquitectura orgánica y crecedora conforme con las necesidades familiares; respetuosa con el medio ambiente al que se reincorpora tras su destrucción; ...conjunto de valores que sintetizaríamos como, la tierra material de tradición.”⁶

El enfoque del presente trabajo se centra en estudiar la relación entre la tierra como material de construcción y el agua, el aire y el sol como materiales para conseguir condiciones de confort en el espacio construido.

Al hilo de Luis Maldonado, “no trataremos de realizar una reivindicación idealista, historicista y ecológica (en el sentido new age) del material primigenio que es la tierra”⁷. Más

bien se pretende acercarse a las estrategias empleadas, tanto tectónicas como climáticas, para aprender de ellas y poder utilizarlas en la actualidad.

Se pretende relacionar de esta manera dos parámetros fundamentales de toda arquitectura: construir y habitar.

2. Metodología

La metodología empleada consiste en relacionar ejemplos de arquitectura de tierra y de otro tipo de construcción con estrategias bioclimáticas del climograma de Givoni y con los requerimientos actuales de la normativa española de construcción.

3. Antecedentes

En 1969 Baruch Givoni publica el libro “Man, Climate and Architecture” (Hombre, clima y arquitectura). Plantea la relación entre el confort humano, el clima y la arquitectura. Sintetiza dicha relación trazando sobre un diagrama psicrométrico una zona de confort higrotérmico para invierno, otra zona de confort para verano y otras zonas en las que, para alcanzar el confort, resulta necesaria la aplicación de ciertas estrategias bioclimáticas. Mediante la inserción en el gráfico de los valores de temperatura y humedad medios mensuales es posible detectar cómo utilizar el sol, el viento y el agua para conseguir unas condiciones interiores de confort. Este gráfico se conoce como climograma de Givoni. (Givoni, 1969)

La normativa técnica española relativa a las

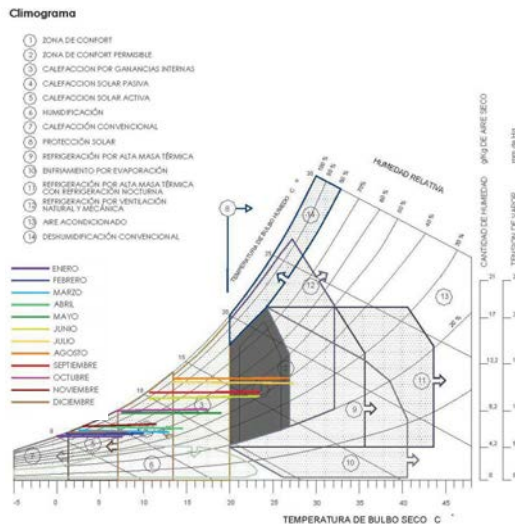


Figura 3: Climograma de Givoni aplicado a la situación climática específica de Madrid. Fuente: <http://jmsoroa.wix.com/agbarquitectura#!proyectos/slideshow8=1>. Consulta realizada: 13/8/2014

condiciones térmicas en los edificios ha ido evolucionando.

La Norma Básica de la Edificación sobre condiciones térmicas en los edificios de 1.979 NBE-CT-79 marcaba unos valores máximos de los coeficientes de transmisión para los cerramientos, tal y como se puede observar en la tabla 1.

Para Madrid, ubicado en la zona Y, el valor máximo para las fachadas pesadas es de 1,4 W/m² °C.

El Código Técnico de la Edificación CTE de 2.006 sustituye a la normativa anterior. El Documento Básico DB HE trata sobre el ahorro de energía. La exigencia básica HE-1 trata sobre la limitación de demanda energética. Esta normativa supone un avance al considerar la demanda energética global del edificio, en lugar de las características individuales de cada cerramiento del mismo. No obstante no rompe del todo con la mentalidad anterior, permitiendo en algunos casos el control indirecto de la demanda energética de los edificios mediante la limitación de los parámetros característicos de los cerramientos, tal y como sucedía en la NBE-CT-79. Se puede observar en la tabla 2.

Tipo de cerramiento		Zona climática según Mapa 2 (art. 13.º)			
		Y y W	X	Y	Z
Cerramientos exteriores	Cubiertas	1,20 (1,40)	1,03 (1,20)	0,77 (0,90)	0,60 (0,70)
	Fachadas ligeras (< 200 kg/m²)	1,03 (1,20)	1,03 (1,20)	1,03 (1,20)	1,03 (1,20)
	Fachadas pesadas (> 200 kg/m²)	1,55 (1,80)	1,38 (1,60)	1,20 (1,40)	1,20 (1,40)
	Fachadas sobre espacio abierto	0,86 (1,00)	0,77 (0,90)	0,69 (0,80)	0,60 (0,70)
Cerramientos con locales no calefaccionados	Paredes	1,72 (2,00)	1,55 (1,80)	1,38 (1,60)	1,38 (1,60)
	Suelos o techos	— (—)	1,20 (1,40)	1,03 (1,20)	1,03 (1,20)
		Valores máximos de K en kcal/h m² °C (W/m² °C)			

Tabla 1: Tabla 2 de la NBE-CT-79

Tabla 2.1 Transmisión térmica máxima de cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica U en W/m² K

Cerramientos y particiones interiores	ZONAS A	ZONAS B	ZONAS C	ZONAS D	ZONAS E
Muros de fachada, particiones interiores en contacto con espacios no habitables, primer metro del perímetro de muros apoyados sobre el terreno ⁽¹⁾ y primer metro de muros en contacto con el terreno	1,22	1,07	0,95	0,86	0,74
Suelos	0,69	0,68	0,65	0,64	0,62
Cubiertas	0,65	0,59	0,53	0,49	0,46
Vidrios y marcos ⁽²⁾	5,70	5,70	4,40	3,50	3,10
Medianerías	1,22	1,07	1,00	1,00	1,00

Tabla 2: Tabla 2.1 del DB HE-1 del CTE 2006.

Tabla E.1. Transmisión del elemento [W/m² K]

Transmisión del elemento [W/m ² K]	Zona Climática				
	α	A	B	C	D
U _m	0,94	0,50	0,38	0,29	0,25
U _s	0,53	0,53	0,46	0,36	0,31
U _c	0,50	0,47	0,33	0,23	0,19

U_m: Transmisión térmica de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno

U_s: Transmisión térmica de suelos (forjados en contacto con el aire exterior)

U_c: Transmisión térmica de cubiertas

Tabla 3: Tabla E.1 del DB HE-1 del CTE 2013.

Para Madrid, ubicado en la zona D, el valor máximo para los muros de fachada se ha rebajado a 0,86 W/m² °K.

En 2013 se actualiza el DB HE volviéndose más exigente en cuanto al ahorro energético pretendido en aras al cumplimiento de las directivas europeas vigentes en la materia. En este momento resulta obligatorio controlar la demanda energética del edificio en su conjunto en todos los casos. No obstante, queda como reminiscencia del recorrido anterior el apéndice E, Valores orientativos de los parámetros característicos de la envolvente térmica. Dichos valores orientativos de los parámetros característicos de la envolvente térmica sirven únicamente para el predimensionado de soluciones constructivas. Posteriormente hay que verificar si el edificio en su conjunto cumple con la demanda térmica deseada y ajustar los cerramientos tras dicha verificación. Los valores orientativos pueden observarse en la tabla 3.

Para Madrid, ubicado en la zona D, el valor orientativo de la transmitancia para los muros de fachada se ha rebajado a 0,27 W/m² °K.

MATERIAL	Conductividad térmica (W/m °K)
Fábrica de bloques de adobe	0,45 – 0,80
Tapial	0,7
Fábrica de bloques de tierra comprimida	0,75 – 1,10
Fábrica de ladrillo perforado	0,605

Tabla 4: Conductividad térmica de la tierra.

MATERIAL	NBE-CT-79	CTE 2006	CTE 2013
Fábrica de bloques de adobe	25-45	45-80	160-280
Tapial	40	70	250
Fábrica de bloques de tierra comprimida	40-60	75-110	260-390
Fábrica de ladrillo perforado	35	60	210

Tabla 5: Espesores de muro necesarios para cumplir con diversas normativas térmicas.

4. Conductividad térmica del material tierra

Tradicionalmente se ha asociado las construcciones en tierra con la idea de un buen comportamiento higrotérmico. El estudio de Palme⁸ concluyen que, incluso para climas extremos como es el clima desértico, las construcciones en tierra simuladas y monitorizadas responden con una eficacia entre tres y cuatro veces mayor que las construcciones de bloques de hormigón o de madera, garantizando la estabilidad de las temperaturas interiores y el confort. Destaca la bondad de la tierra como material de construcción debido a sus, propiedades de aislamiento, amortiguamiento e inercia térmica y al uso de ganancia radiación solar.

La conductividad térmica de la tierra depende de su composición y de su forma de empleo en la construcción. Podemos considerar los valores facilitados por Neila⁹ contemplados en la tabla 4:

Para conseguir los valores de transmitancia máximos exigidos por las sucesivas normativas para la zona climática en la que se encuentra Madrid, harían falta los siguientes espesores de muro medidos en centímetros, según cálculos de elaboración propia:

Las dimensiones más habituales de los bloques de adobe son de 60x30 cm y 40x20 cm. Los muros tradicionalmente se han construido de un pie de espesor. Así que los espesores habituales del orden de 40-60 cm. El espesor de un muro de tapial puede variar entre los 40 cm y las dimensiones mayores a 100 cm en función del tipo de construcción. Sin embargo, sus espesores más habituales son del orden de 60-80 cm.

En este sentido, las prestaciones en cuanto a aislamiento térmico de las fábricas de bloques de adobe y de los muros de tapial cumplen con las prestaciones exigidas tanto por la normativa NBE-CT-79 como por el CTE 2006. Sin embargo quedarían muy lejos de cumplir con las recomendaciones del CTE 2013. No obstante, para cumplir dicha normativa habría que cuantificar la demanda energética del edificio para lo que sería necesario tener en cuenta de manera combinada otros factores que influyen en la misma, como los que estudiaremos en los siguientes apartados.

Las dimensiones más habituales bloques de tierra comprimida son de 29 x 14 cm y de los ladrillos son de 24 x 12 cm. Si alcanzamos espesores equivalentes, más en el caso del ladrillo perforado, podríamos tener igualmente comportamientos térmicos que cumplieran con las prescripciones de la NBE-CT-79 y del CTE 2006. Aunque estos materiales se emplean más habitualmente en fábricas de como mucho 1 pie de espesor, resultando necesario complementar con una hoja de aislamiento térmico.

5. Estrategia 8 de calefacción: Sistema solar pasivo

En el climograma de Givoni, el área comprendida entre las temperaturas de 6,5°C y 13,5°C corresponde a unas condiciones ambientales en las que se puede conseguir el confort interior mediante la estrategia del aprovechamiento pasivo de la energía solar.

Los muros exteriores del edificio, salvo los de orientación norte, reciben la radiación solar. Se trata de un sistema de captación indirecta cuya forma de aprovechar el calor depende

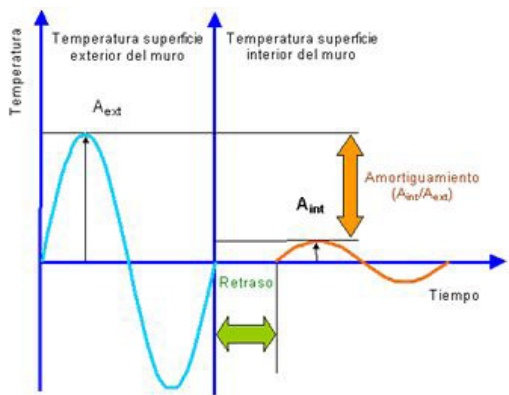


Figura4:Representación gráfica del amortiguamiento y desfase de la onda térmica que atraviesa un cerramiento. Fuente: <http://www.climablock.com/images/mat006.jpg> (consultada el 21/7/2014)

COMPOSICIÓN DEL CERRAMIENTO	DESFASE	AMORT.	FUENTE
Panel sándwich cartón yeso – 4cm poliuretano- cartón yeso	0,2 horas	89%	Yáñez, 2008
9 cm ladrillo hueco doble	3,3 horas	78%	Yáñez, 2008
12 cm ladrillo macizo	4,6 horas	74%	Yáñez, 2008
20 cm bloque de hormigón	5,0 horas	70%	Palme, 2014
2 cm mortero de cemento, 12 cm ladrillo perforado, 4 cm cámara de aire, 4 cm poliestireno expandido tipo II, 1 cm cámara de aire, 4 cm ladrillo hueco y 1 cm yeso	5,9 horas	29%	Turégano, 2003
24 cm ladrillo macizo	7,3 horas	35%	Yáñez, 2008
2 cm mortero de cemento, 29 cm bloque de termoarcilla, 1 cm yeso	7,6 horas	21%	Turégano, 2003
30 cm hormigón	9 horas	9%	Yáñez, 2008
40 cm adobe	10 horas	10%	M. A. Gálvez en Maldonado, 2002
30 cm bloque de cáñamo	18 horas	1%	www.cannabric.com (consulta 5/8/2014)

Tabla 6: Tabla comparativa entre los valores de desfase y amortiguamiento entre distintos cerramientos

del comportamiento térmico del cerramiento.

En un cerramiento sometido a las condiciones ambientales (radiación solar, temperatura y viento) se produce una transferencia de energía en régimen dinámico, produciéndose un retraso a la vez que un amortiguamiento de la onda de temperatura que penetra desde el exterior hacia el interior. Cuando aumenta la radiación solar incidente y la temperatura exterior, también lo hace la temperatura superficial del cerramiento, lo que provoca un flujo de calor hacia el interior. A su vez la capa superficial del cerramiento acumula una parte de la energía calorífica que se resta del flujo de calor, cuando esta capa no puede admitir más calor, lo transfiere a la capa interior más fría. Así sucesivamente, a medida que avanza el espesor del muro, se transfiere menos calor y se reduce el flujo de calor, en consecuencia, se amortigua y desfasa la oscilación de temperaturas exteriores

En la tabla 6 se comparan los valores del

desfase y del amortiguamiento para diversas composiciones del cerramiento.

Para oscilaciones de temperatura con un periodo de 24 horas, un desfase de 12 horas conseguiría que el aporte máximo de calor en el interior del edificio se produjera cuando la temperatura exterior es la mínima. Podemos observar en la figura 8 cómo el desfase que se produce en los muros de adobe es más cercano al óptimo: 10 h.

No obstante como estrategia de calentamiento mediante un sistema solar pasivo, el muro construido con adobe no tiene un buen comportamiento. Apesar de su gran capacidad de acumulación de energía térmica, ésta se devuelve al exterior del edificio en un 90% mientras que únicamente penetra un 10% de la misma.

Para mejorar su comportamiento en este sentido sería necesario proteger la energía acumulada en el muro para que sea entregada



Figura 5: Sistema de aprovechamiento solar mediante "pared caliente" llevado a cabo por el Grupo de Apoyo al Sector Rural. Fuente: Alayza, 2.011.

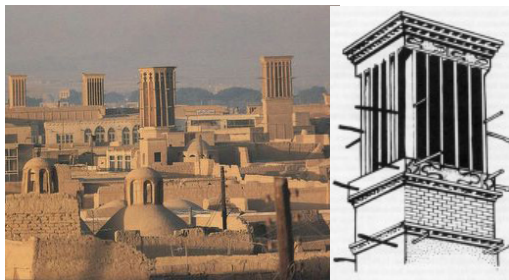


Figura 6: Perfil de la ciudad de Yazd. Fuente: <http://www.bitacoravirtual.cl/2006/06/19/torres-eolicas-de-yazd> (consultada el 28/7/2014). Detalle de una torre de viento en Yazd con postes de madera en voladizo en los que se sujetan andamios para el mantenimiento. Fuente: O'Kane, 1976.

al interior del edificio con el desfase que posee mediante un acristalamiento configurando la solución como un muro invernadero y como un muro trombe.

En este sentido cabe destacar la aplicación práctica de esta estrategia que está llevando a cabo el Grupo de Apoyo al Sector Rural de la Pontificia Universidad Católica del Perú¹⁰ en climas extremos como es el altiplano peruano. El proyecto Casa Caliente Limpia K'ofichuyawasi construye lo que denomina "pared caliente" que consiste en una estructura de plástico o vidrio y madera colocada al exterior del muro de tierra de la casa. La temperatura en invierno en esta región alcanza los 18 grados bajo cero. En el interior de los hogares, antes de la implantación de las Casas Calientes, la temperatura disminuía hasta -5°C. Ahora, aprovechando la energía del sol, se mantiene en torno a 7°C.

6. Estrategias 3, 4 y 5 de refrigeración: Masa térmica + ventilación natural + enfriamiento evaporativo

La masa térmica de los muros de adobe, como se ha estudiado en el apartado anterior, amortigua la onda térmica exterior en un 90% y retardan su entrada al interior del edificio 10 horas. Se consigue así una adecuada estabilidad térmica, manteniendo la temperatura interior con leves fluctuaciones.

En los casos en los que las temperaturas exteriores se mantienen por debajo de 32°C se puede combatir el calor mediante la

ventilación natural permanente. En los casos en los que se alcanzan temperaturas exteriores por encima de los 36°C resulta conveniente provocar una ventilación nocturna para disipar el calor que está entrado al interior del edificio, gracias al desfase que provoca el cerramiento, cuando la temperatura exterior desciende, a pesar de que el calor que penetra haya disminuido considerablemente gracias al amortiguamiento. Por último, en climas con una baja humedad relativa, es posible emplear la estrategia de enfriamiento evaporativo. Se trata de conseguir una disminución de la temperatura del aire al ceder el calor que el proceso de evaporación del agua necesita a la vez que se aumenta la humedad relativa del aire al incorporar el vapor de agua evaporado.

Las tres estrategias de refrigeración pasiva (enfriamiento por alta masa térmica, refrigeración por ventilación y enfriamiento evaporativo) las encontramos empleadas con gran maestría en la ciudad iraní de Yazd. En el mes de julio las temperaturas medias oscilan entre 23 °C y 40 °C, llegando a alcanzar máximas de 45 °C, con una humedad relativa del 17%, según datos del World Meteorological Organisation.

La bādgīr o torre de viento es un elemento característico que define el perfil de la arquitectura de tierra de la ciudad de Yazd. Se trata de una torre que se levanta por encima de las cubiertas de los edificios colindantes, con aberturas en la dirección de los vientos dominantes cuya función consiste en captar el viento.

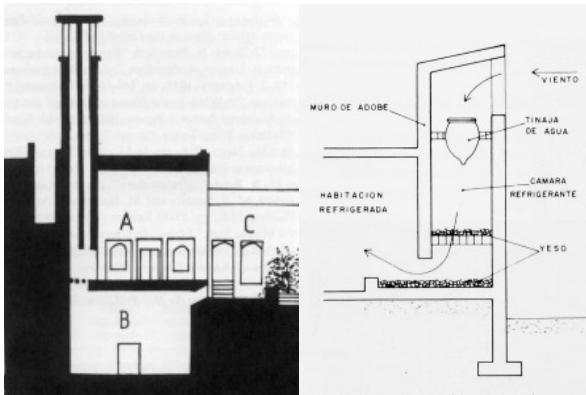


Figura 7: Sección transversal de una torre de viento que sirve a las estancias principales veraniegas de una casa en Yazd. A. Tālār. B. Sótano. C. Patio con alberca. Fuente: Roaf, 2006. Sistema de enfriamiento evaporativo con yeso desecante. Fuente: Yáñez, 2008.

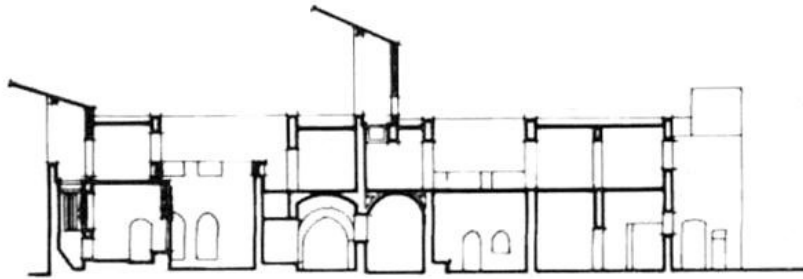


Figura 8: Sección de un edificio con torres de viento en El Cairo de H. Fathy. Fuente: Yáñez, 2008.

Ligeras pantallas de bambú a menudo se colocan en la chimenea por la que entra el aire sobre las que se puede arrojar agua para conseguir el enfriamiento del aire que entra gracias al efecto evaporativo. En otras ocasiones se pueden colocar tinajas u otros depósitos de agua para provocar el enfriamiento evaporativo.

En el caso de que la humedad relativa del aire exterior no sea muy baja, se puede reducir la humedad relativa una vez realizado el proceso de enfriamiento evaporativo mediante la incorporación de un material desecante como un lecho de piedras de yeso.

Otros ejemplos del empleo de las torres de viento en construcciones de tierra se pueden encontrar en la arquitectura de H. Fathy en El Cairo, Egipto.

7. Conclusión

La arquitectura construida con tierra genera unas condiciones de habitabilidad adecuadas

sin necesitar un consumo energético tanto para su elaboración como para el mantenimiento de las condiciones de confort.

Las características del material tierra en cuanto a acumulador del calor del sol para su posterior regulación conjugadas con los dispositivos que permiten captar el aire del viento y refrescarlo con el agua, configuran una arquitectura que nos remite a los elementos básicos de la naturaleza.

Con el agua, el aire el sol y la tierra somos capaces de construir y habitar.

Bibliografía

- ALAYZA, Bernardo. K'óñichuyawasi. Casa caliente limpia. América Renovable N° 14, 2011, pp. 60-65. Lima. Perú. ISSN 1606-6962. Consultado en <http://gruporural.pucp.edu.pe/publicaciones/america-renovable-no14> el 12/08/2014..
- BOE, 1979. REAL DECRETO 2429/79 de 6 de julio, Norma Básica de la Edificación "NBE-CT-79" sobre Condiciones Térmicas de los Edificios. Boletín Oficial del Estado número 253, de 22/10/1979. España.
- BOE, 2006. Real Decreto 314/06, de 17 de marzo, Código Técnico de la Edificación. Boletín Oficial del Estado número 74, de 28/03/2006. España.
- BOE, 2013. Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre, por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE "Ahorro de Energía", del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. Boletín Oficial del Estado número 219, de 12/9/2013. España.
- GIVONI, Baruch. *Man, Climate and Architecture*. Ed. Elsevier. Amsterdam, 1969. Países Bajos. ISBN 0-444-20039-8
- MALDONADO RAMOS, Luis; RIVERA GÁMEZ, David; VELA COSSÍO, Fernando (editores). *Arquitectura y construcción con tierra: tradición e innovación*. Ed. Maireia libros. Madrid, 2.002. España. ISBN 84-932367-3-X
- NEILA GONZÁLEZ, F. Javier. *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*. Ed. Munilla-Lería. Madrid, 2004. España. ISBN 978-84-89150-64-5
- O'KANE, Bernard. *The madrasa al-ghiyāsiyya at khargird. Irán*, Vol. 14, 1976, pp. 79-92. British Institute of Persian Studies. Consultado en <http://www.jstor.org/stable/4300545> el 7/7/2014.
- PALME, Massimo; GUERRA, José; ALFARO, Sergio. *Thermal Performance of Traditional and New Concept Houses in the Ancient Village of San Pedro De Atacama and Surroundings*. Sustainability N° 6, 2014, pp. 3321-3337. Basel, Switzerland. ISSN 2071-1050. Consultado en <http://www.mdpi.com/2071-1050/6/6/3321> el 12/8/2014.
- PEREIRA GIGOGNE, Hugo. *Habiterra: Exposición iberoamericana de construcciones de tierra*. Ed. Escala. Santafé de Bogotá, 1995. Colombia. ISBN 958-9082-84-X
- ROAF, Sue. *Windcatchers*. Capítulo del libro *Living with the desert*, BEATHLEY, Elisabeth y HARVERSON, Michael. Ed. Orchid Press. Hong Kong, 2006. China, pp. 57-70. ISBN 978-9748304649.
- TURÉGANO, José Antonio; HERNÁNDEZ, Miguel Ángel; GARCÍA, Félix. *La inercia térmica de los edificios y su incidencia en las condiciones de confort como refuerzo de los aportes solares de carácter pasivo*. ConArquitectura: arquitectura con arcilla cocida, N° 8, 2003, pp. 65-80. Madrid. España ISSN 1578-0201.
- YÁÑEZ PARAREDA, Guillermo. *Arquitectura solar e iluminación natural*. Ed. Munilla-Lería. Madrid, 2008. España. ISBN 978-84-89150-81-2

Citas y notas

1. Pereira Gigogne, Hugo. *Habiterra: Exposición iberoamericana de construcciones de tierra*. Colombia. 1995.
2. Pereira Gigogne, Hugo. *Habiterra: Exposición iberoamericana de construcciones de tierra*. Colombia. 1995.
3. Maldonado Ramos, Luis, Rivera Gámez, David y Vela Cossío, Fernando. *Arquitectura y construcción con tierra: tradición e innovación*. España, 2.002.
4. Maldonado Ramos, Luis, Rivera Gámez, David y Vela Cossío, Fernando. *Arquitectura y construcción con tierra: tradición e innovación*. España, 2.002.
5. Pereira Gigogne, Hugo. *Habiterra: Exposición iberoamericana de construcciones de tierra*. Colombia. 1995.
6. Pereira Gigogne, Hugo. *Habiterra: Exposición iberoamericana de construcciones de tierra*. Colombia. 1995.
7. Maldonado Ramos, Luis, Rivera Gámez, David y Vela Cossío, Fernando. *Arquitectura y construcción con tierra: tradición e innovación*. España, 2.002.
8. PALME, Massimo; GUERRA, José; ALFARO, Sergio. *Thermal Performance of Traditional and New Concept Houses in the Ancient Village of San Pedro De Atacama and Surroundings*. Switzerland, 2014.
9. Neila González, F. Javier. *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*. España, 2004.
10. Alayza, Bernardo. K'óñichuyawasi. Casa caliente limpia. Perú. 2011.