

Cúpulas de adobe

Gernot Minke

Los indígenas hopi y navajo en América del Norte, los musgum de Camerún, los habitantes de Sies-tán en Afganistán (figura 1), de Täbris, Kachan y Yazd en el Irán y los habitantes de los trulli en Italia (figura 2), que desde hace siglos están viviendo debajo de cúpulas, todos ellos han sabido y saben valorar las ventajas climáticas y arquitectónicas que tienen estas formas de construcción comparadas con las formas cúbicas de edificar.

La ventaja que ofrece este estilo de construcción para zonas climáticas secas y calientes, y especialmente para regiones con fuertes oscilaciones de temperatura, yace, sin duda, en la climatización natural idónea. Ésta se debe a la gran altura del techo en el centro de la habitación, donde se acumula el aire caliente más ligero y allí mismo podrá ser fácilmente evacuado mediante aberturas hacia fuera. A esto se añade que, en cuanto al volumen encerrado, las cúpulas muestran una superficie menor que los correspondientes edificios cúbicos con la misma medida cúbica, por lo cual se calientan mucho menos por la radiación solar, aparte de que su construcción requiere menos material.

Ensayos realizados en el Instituto de Construcciones Experimentales de la Universidad de Kassel, Alemania, han dado como resultado que los ladrillos de tierra cruda –adobes– pueden absorber de 10 a 50 veces más humedad del ambiente que los ladrillos cocidos. Si la humedad ambiente aumenta a más del 50%, la diferencia es absorbida por las paredes de adobes; si ella está por debajo del 50 %, los muros ceden su humedad regulando el microclima interior (figura 3).

A esto se añade que los espacios interiores con techos de cúpulas surten un efecto psicológico agradable en las personas que los

habitan: aparecen menos “apabullantes” y más “tranquilizadores” que las habitaciones cúbicas tradicionales; en fin, ofrecen sensación de “seguridad”.

Los proyectos descritos a continuación muestran cuántos efectos favorables podrán tener en vivir, ser creativo, trabajar, jugar y dormir bajo cúpulas de barro.

Cúpulas construidas sin encofrado

Se desarrolló en el Instituto de Construcciones Experimentales de la Universidad de Kassel una nueva técnica utilizando una guía rotatoria (figura 11). Con esta técnica se puede obtener una geometría estructuralmente óptima sin empleo de encofrado. Esta geometría evita todas las fuerzas de anillo a tracción y a compresión. Por eso se podrán “insertar” las aberturas para ventanas y puertas sin problemas estructurales. Con esta geometría óptima, que fue desarrollada con un programa de computadora, se pueden construir cúpulas hasta un diámetro de 13 m con un espesor de solo 30 cm.¹

Proyectos diseñados por el autor

La guardería infantil Waldorf en Sorsum, Alemania, tiene una sala central de multiuso con un diámetro de 10 m y una altura de 6,30 m y fue construida con la técnica anteriormente descrita con bloques especiales de barro –“adobes acústicos”– (ver figura 6). Para optimizar la acústica, el autor diseñó los adobes con bordes redondeados y, debido a esta forma en los bordes y la inclinación de los adobes, se obtiene una buena distribución del sonido y se produce también una cierta

Todo el material gráfico es propiedad del autor.

¹ Para mayor información, ver: Minke (2005, pp. 142-153).



Figura 1:
Cúpulas de adobe,
Siestán, Afganistán.



Figura 2:
Trulli, Italia.



absorción del sonido por las juntas rehundidas y los huecos en los adobes.

La cúpula de adobe más grande que ha sido construida hasta ahora con esta técnica tiene un diámetro de 11 metros y cubre una sala de múltiple uso en Oranienburg-Eden, Alemania. En el mismo país, este sistema fue usado también para una sala de meditación y casas familiares.

En la residencia con estudio del autor en Kassel, Alemania, todos los espacios, así como los baños y el invernadero, están cubiertos por cúpulas de adobe (figura 7). Las cúpulas son rematadas con un tragaluz en forma de domo, compuesto por dos capas de vidrio acrílico.

Las cúpulas de barro se cubren con láminas de betón soldadas que sirven como techo de

Figura 3:
Curvas de absorción
en relación con el
tiempo, de muestras de
diferentes materiales de
1,5 cm de espesor, a una
temperatura de 21°C con
un incremento súbito de
la humedad del ambiente
de 50% a 80%.

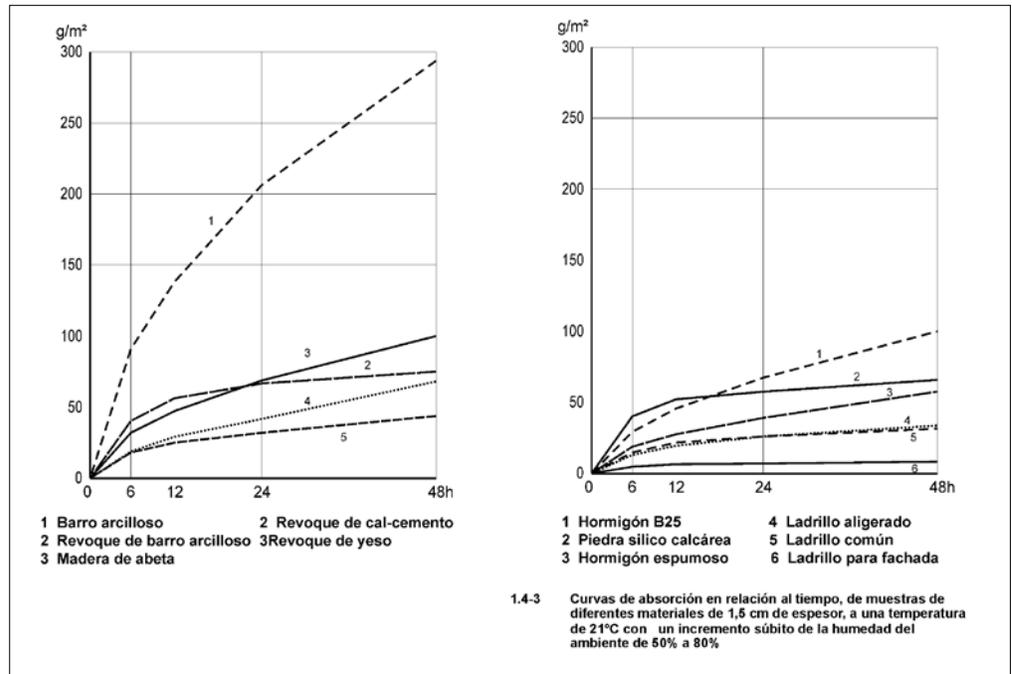


Figura 4:
Temperaturas de un
techo verde con un
sustrato de 16 cm,
medidas durante una
semana de verano, Kassel
(Alemania).

Figura 5:
Temperaturas de un
techo verde con un
sustrato de 16 cm,
medidas durante una
semana de invierno,
Kassel (Alemania).

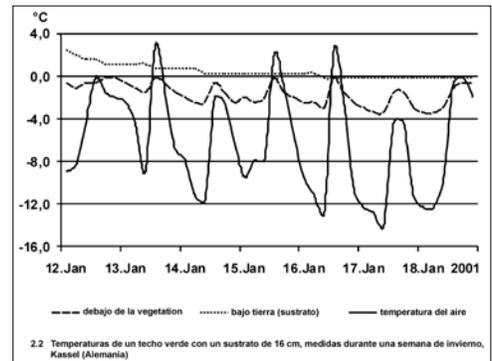
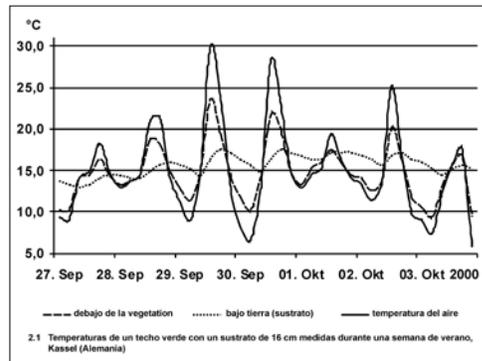


Figura página anterior:
Residencia en Kassel,
Alemania.



Figura 6:
Sala de múltiple uso.
Cúpula con adobes
acústicos.



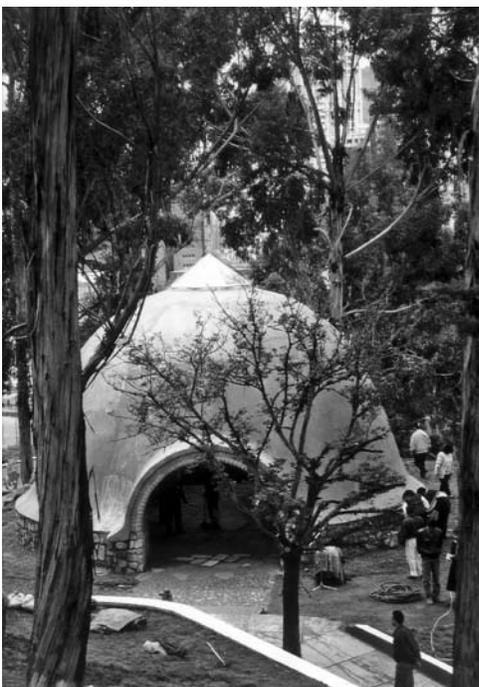
Figura 7:
Residencia en Kassel,
Alemania.



Figura 8:
Sala de múltiple uso.
Cúpula con acabados
acústicos.



Figura 9:
Residencia en Kassel,
Alemania. Sala central.



Figuras 10 y 11:
Sala cultural, La Paz,
Bolivia.

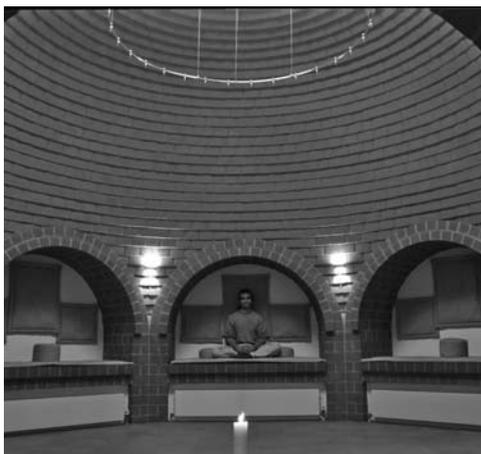


Figura 12:
Adobes acústicos hechos a mano con moldes de madera.



Figuras 13 y 14:
Sala de multiuso, Picada Café, Rio Grande do Sul, Brasil.

Figura 15:
Sala de meditación, Bad Zwesten, Alemania.



emergencia y como barrera de vapor. Por encima yace una capa de aislante térmico cubierta a su vez por una capa plástica –sin PVC– de un espesor de 2 mm, la cual ha sido sellada con aire caliente y sirve como protección contra lluvia y raíces. Una capa de un espesor de 15 cm, de sustrato ligero de lava hinchada y de tierra sirve como suelo nutritivo para una vegetación de grama y hierbas silvestres. Las figuras 4 y 5 muestran que en un techo de pasto en Kassel, con un sustrato de 16 cm de espesor para una temperatura exterior al mediodía de 30 °C, había bajo la vegetación 23 °C y bajo la capa de sustrato solamente 17,5 °C (figura 4). En el mismo techo se midió en invierno, para una temperatura exterior de 14 °C, sólo 0 °C (figura 5) bajo la capa de sustrato. Las curvas aclaran que un denso techo de pasto en verano tiene un efecto de enfriamiento considerable y en invierno muestra un muy buen efecto de aislamiento térmico.

La primera cúpula de este tipo realizada en América Latina fue construida en La Paz, Bolivia. Es un centro cultural y fue la contribución alemana a la proclamación de La Paz como Capital de la Cultura Latinoamericana en 1999. La cúpula tiene un diámetro de 8,80 metros y fue construida con 9.400 adobes elaborados a mano con un molde especial, con bordes redondeados y huecos para reducir el peso y aumentar el aislamiento térmico (figuras 12 a 14). Esta cúpula fue construida sismorresistente; por eso tiene un encadenado de hormigón en el sobrecimiento y uno en la fundación.

La cúpula más grande de América Latina y la primera con un techo verde fue construida en el Centro de Vivencias “Integria”, en Picada Café, Rio Grande do Sul, Brasil, en 2005/2006 (figuras 6, 8, 13 y 14). Desde afuera, la cúpula parece una colina coronada con una pirámide de vidrio acrílico que, debido a la iluminación interior, luce por las noches como un radiante cristal; adentro es un espacio sagrado. El diámetro es de 9,07 m y la altura de 6,70 m. Otra sala sagrada muestra la figura 15: una sala de meditación de una terapeuta de Bad Zwesten, Alemania.

Conclusiones

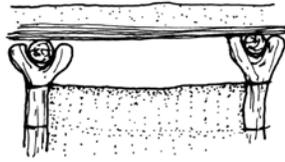
Las construcciones que poseen cúpulas de barro, en particular cuando están recubiertas por un techo verde, son tanto para casas de habitación como para salones multiuso, guarderías infantiles

y escuelas; son soluciones muy interesantes en los planos económico y ecológico.

Ellas ofrecen un excelente clima interior dado por la capacidad del material de construcción tierra de equilibrar la humedad ambiente y guardar calor. Las técnicas desarrolladas para la realización de estas cúpulas sin encofrado, con un sistema muy simple, las hace viables también para la autoconstrucción.

Referencias

- Minke, G. (2005). *Manual de construcción en tierra*. Montevideo, Uruguay: Fin de siglo. Disponible en <http://www.entrelibros.com>
- Minke, G. (s.f.). *Techos verdes. Planificación, ejecución, consejos prácticos*. Montevideo, Uruguay: Fin de siglo. Disponible en <http://www.entrelibros.com>



Cúpulas de adobe

(págs. 336-341)



Gernot Minke

Universidad de Kassel, Alemania
feb@asl.uni-kassel.de

Estudió arquitectura en las universidades de Hannover y Berlín y obtuvo el título de doctorado de la Universidad de Stuttgart (1970). Desde 1974 se desempeña como profesor de la Universidad de Kassel, donde es director del Instituto de Investigación de Construcciones Experimentales. El Instituto se especializa en la investigación y desarrollo de tecnologías alternativas, construcciones ecológicas, viviendas de bajo costo, construcción con materiales naturales, construcción con tierra, autoconstrucción, viviendas antisísmicas de tierra cruda. Ha sido profesor invitado en varios países de Europa y América y ha sido ponente en más de cincuenta conferencias internacionales. Entre sus libros publicados se destacan *Earth Construction Handbook* (WIT Press, Southampton, Reino Unido, 2001) y *Techos verdes. Planificación, ejecución, consejos prácticos* (Fin de siglo, Montevideo, Uruguay, 2004). Además, es autor de más de 300 artículos en revistas especializadas y libros publicados en varios países.

Recepción

9 de enero de 2007

Evaluación

18 de septiembre de 2007

Aceptación

13 de diciembre de 2007

Resumen

En el Instituto de Construcciones Experimentales de la Universidad de Kassel fue desarrollada una técnica para construir cúpulas de adobe con gran dimensión sin encofrado. La sección de las cúpulas es optimizada por un programa de computadora para evitar fuerzas de anillo. Para construir estas cúpulas fácilmente y con mucha precisión fue desarrollada una guía rotatoria, pudiéndose así construir cúpulas de hasta 13 m de diámetro y solo 30 cm de espesor de muro. Para optimizar la acústica de la cúpula fue desarrollada una forma de adobe "acústico", que favorece la distribución y absorción del sonido. Se muestra la primera cúpula realizada en América Latina de este tipo, que fue construida en La Paz, Bolivia en 2000, con un diámetro de 8,8 m y la primera cúpula con techo verde en América, construida en Brasil, con un diámetro de 9 m. La cúpula más grande de adobe de este tipo con 11 m de luz y 7 m de altura fue construida en Alemania. Se muestran otros ejemplos de cúpulas de adobe construidas sin encofrado para viviendas en Alemania. Los proyectos realizados muestran que las

cúpulas de adobe con techos verdes producen un ambiente interior muy confortable tanto en climas cálidos como templados o fríos. Mediciones realizadas dieron como resultado que los techos verdes evitan la entrada del calor en verano y del frío en invierno, por lo que se produce un considerable ahorro energético. Además, también se midió que el barro equilibra la humedad en ambientes cerrados. Asimismo, la cúpula de La Paz mostró que se puede construir una cúpula sismorresistente con este sistema.

Palabras clave del autor

Cúpulas, adobe, techos verdes.

Descriptorios*

Cúpulas - Diseño y construcción
Construcciones antisísmicas
Cúpulas - Detalles

Adobe brick domes

Abstract

At the Building Research Institute, University of Kassel, Germany, a construction technology was developed to build domes of large span without formwork. The section of the domes was optimized and developed by a computer programme, which avoids all kind of ring forces, so no bending force will occur and a free span of up to 13 m can be reached by a wall thickness of only 30 cm. To construct these domes without formwork a special rotational guide was developed. In order to optimize the acoustic behaviour of the dome, special "acoustic adobes" were developed, which create an effect of sound distribution and absorption. The first dome of this kind was built in 2000 at La Paz, Bolivia with a span of 8 m, the largest dome of all Americas and the first one covered with a green roof was built in Brazil in 2005 with a diameter of 9 m. The largest adobe dome has a diameter of 11 m, a height of 7 m and stands in Germany. More domes built for residences and multipurpose halls are shown. Measurements proofed that adobe domes with green roofs reduce heat intake in summer and heat less in winter, to a large extend, thus saving a high amount of cooling and heating energy. It was also proofed that the indoor air humidity was extremely good balanced. The dome at La Paz showed furthermore that domes of this kind can be earth quake resistant.

Author Key Words

Adobe bricks, domes, green roofs.

Key Words Plus*

Domes - Design and construction
Earthquakes and building
Domes - Details

* Los descriptorios y key words plus están normalizados por la Biblioteca General de la Pontificia Universidad Javeriana.