



LA CONSTRUCCIÓN DEL RESTAURANTE “LAS CÚPULAS”: UNA EXPERIENCIA DE AUTOCONSTRUCCIÓN DIRIGIDA

Pilar Diez Rodríguez

Arquitecta – Urbanista. Palencia, España. pilar10rodriguez@hotmail.com

Palabras claves: arquitectura de emergencia, tierra ensacada/*earthbag*, autoconstrucción, cúpula

Resumen

El presente artículo muestra el proceso constructivo seguido en el restaurante “Las Cúpulas”, analiza las fortalezas y debilidades del sistema y como se ha adaptado la técnica para cumplir las normativas existentes.

La tierra ensacada, *earthbag*, es una técnica constructiva propia de situaciones de emergencia, que se remonta a la construcción de trincheras, refugios y barreras realizadas en la guerra, a partir de apilar sacos rellenos de tierra compactada enlazados con alambre de espino.

El interés de una pareja de San Cebrián de Campos (Palencia) por construir su negocio, un restaurante, con esta técnica, surge de la premisa de realizar un edificio formalmente llamativo y de bajo coste, con tierra. Se busca una técnica que fuera sencilla de ejecutar y no requiriera experiencia previa, puesto que ellos mismos querían participar de la construcción del edificio, de ahí su apuesta por utilizar la tierra ensacada o *earthbag*.

El edificio en planta se configura como un crecimiento orgánico a base de círculos que podrían continuar y ampliarse indefinidamente, cada uno de estos círculos es una cúpula. En total nueve cúpulas forman el edificio, que girando sobre sus centros evitan la repetición espacial y la existencia de un solo eje visual.

La construcción del edificio es global, todas las cúpulas crecen simultáneamente, hilada a hilada, y sus empujes se contrarrestan entre sí. Un doble radio marca la posición de cada una de las hiladas, que, con una proporción gótica, van formando por aproximación las que en realidad son falsas cúpulas. El proceso es sencillo, el saco se va rellenando al tiempo que se va posicionando y a continuación se compacta manualmente.

1. PRESENTACION DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Introducción

En estos años de crisis económica, en España es muy difícil encontrar trabajo, más aun en el medio rural donde prácticamente no lo había ya en tiempos de bonanza económica.

San Cebrián de Campos es un municipio de la zona de Tierra de Campos, en la Provincia de Palencia, con 481 habitantes.

En plena meseta castellana, la principal actividad que se desarrolla en la zona es la agricultura, sobre todo cerealista. Pero también es una zona cargada de historia y patrimonio, la Iglesia de San Cornelio y San Cipriano está declarada Monumento Nacional desde el año 2000 y muy cercano se encuentra un punto clave del Canal de Castilla (obra declarada Bien de Interés Cultural) como son las esclusas de Calahorra de Rivas.

También en el municipio, como en todos los de Tierra de Campos, se puede encontrar toda la variedad tipológica de construcciones en tierra de la arquitectura tradicional: palomares, viviendas, casetas de aperos realizadas con adobe o tapial, estructura de madera y cubiertas de teja árabe.

Aun con este potencial es una zona carente de servicios al turismo. En este entorno surge la iniciativa de una familia de San Cebrián de Campos por emprender su propio negocio como medio de vida, apostando por instalar un restaurante en el municipio¹.

1.2 Objetivos

La premisa principal para realizar el edificio de restaurante fue construir un edificio singular, llamativo, atractivo para la gente, y a muy bajo coste y que al mismo tiempo fuera una construcción sencilla, dentro de una filosofía cercana al “do it yourself”, entendida como un proceso de autoconstrucción, en el que los promotores pudieran participar en la propia obra.

La normativa y la complejidad de las instalaciones para una edificio de pública concurrencia exige que sean instaladores acreditados quienes las realicen, también la propia envergadura de la obra no posibilita que personal sin experiencia de obra la pueda realizar, pero si la participación coordinada con los distintos equipos que intervienen.

Ante estos condicionantes solamente la tierra permite una construcción económica y a la vez de altas prestaciones, en definitiva arquitectura sostenible “low tech”.

En el municipio, como ya se ha dicho, existe un amplio “catálogo” de edificios construidos con tierra, y con diferentes técnicas de tapiales y adobes. Los promotores conocen estas técnicas, pero la necesidad de simplificar (suprimiendo el uso de encofrados) y al mismo tiempo innovar fue lo que les hizo decidirse a utilizar la técnica de la tierra ensacada o *earthbag*, de la que había tenido noticias a través de Internet.



Figura 1. Imagen del restaurante “Las Cúpulas” en su inauguración

2. ANÁLISIS DE LA TÉCNICA CONSTRUCTIVA

2.1 Referencias

La técnica constructiva se remonta a las construcciones de emergencia realizadas en tiempos de guerra, refugios, barreras y trincheras de protección, se realizaban con sacos de tierra apilados y atados entre sí con alambre de espino desde ya antes de la Primera Guerra Mundial.

En Alemania, desde 1977 en el Instituto de Investigación de Construcciones Experimentales (FEB: Forschungslabor für Experimentelles Bauen) de la Universidad de Kassel, se han estado investigando prototipos de viviendas antisísmicas realizadas con barro, con el objetivo de ensayar los materiales locales que en algunos casos se habían incluso prohibido, mientras que muy al contrario, la experiencia indicaba su buen comportamiento en

los sismos de Chile, Argentina y Guatemala. Algunos prototipos se basaron en la construcción con largos sacos continuos rellenos de tierra arcillosa, pómez o arena, en algunos casos los muros se fijaban verticalmente con cañas de bambú y en otros los independizaban de los empujes de las cubiertas, realizando una estructura exenta de madera, y utilizando como revestimiento de los muros varias capas de pintura a la cal².

Un desarrollo paralelo de esta técnica es el llevado a cabo en California por el Arquitecto iraní-americano Nader Khalili (1936-2008), quien se inspira además en las construcciones tradicionales del desierto. Basado en los sistemas estructurales del arco y la bóveda desarrolló la construcción con *earthbag*, en principio como solución para dar cobijo y vivienda en las situaciones de emergencia y desplazamiento de personas, pero proponiéndolo también como un sistema de vivienda permanente capaz de cumplir las normativas más exigentes. Viviendas de bajo costo, de autoconstrucción, respetuosas con el medioambiente, resistentes a los terremotos y cuya forma más básica es el domo o cúpula realizada a partir de hiladas de *earthbag*/tierra ensacada que se unen entre sí mediante alambre de espino.

*“La tierra es el material más ecológico, abundante y duradero que existe y además ¡está por todas partes!”*³, Nader Khalili fue asesor de la ONU para la arquitectura sostenible, y su método fue empleado en el año 1995 para establecer un campamento de desplazados desde Irán a Irak por el Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados (ACNUR). En 1996 comenzó la construcción de un complejo museístico y de investigación en Hesperia (California, USA) donde desarrolló el método de construcción con tierra y cerámica fundando el California Institute of Earth and Architecture (Cal-Earth).

2.2 Procedimiento. Fortalezas y debilidades.

La denominación de la técnica *earthbag*, que literalmente se traduce como tierra ensacada, se conoce popularmente en español como superadobe. Esta definición, es doblemente errónea por cuanto la vincula a la técnica del adobe, con la que nada tiene que ver y el prefijo “súper” que induce también a error por cuanto pudiera entenderse como “superior a”.

La confusión viene de definir la técnica como la construcción a partir de sacos o largos tubos de lona, tela o rafia rellenos de “adobe”. Pero esta definición en alusión a su nombre no es realmente exacta, la técnica consiste en que el saco o tela hace las veces de encofrado perdido para realizar en su interior un relleno de tierra, generalmente estabilizada, prensada o apisonada, en realidad más próximo al tapial que no al adobe.

Los sacos rellenos con la tierra se van disponiendo en hiladas horizontales, uno tras otro, creando los muros de carga o simplemente el cerramiento según los casos.

El sistema en principio no necesita de otros medios auxiliares. En comparación con el proceso de ejecución del tapial, no necesita disponer de unos medios auxiliares como son los encofrados ni tener que conocer su sistema de colocación, desplazamiento de una zona a otra, etc., con lo que se acelera el tiempo de ejecución en obra, se necesita menos preparación de medios y una menor competencia y profesionalidad de los operarios.

Esto es la causa de que sea un sistema idóneo para situaciones de emergencia en las que las actuaciones se caracterizan por la rapidez necesaria, la escasez de medios y la falta de preparación del personal disponible.

Pero el uso de los sacos como encofrados perdidos genera otra serie de problemas. En primer lugar los sacos adecuados, al menos cuando son de materiales plásticos, tienen que ser de rafia para permitir la aireación y que haya un fraguado de la mezcla. También en los bordes laterales es complicado pisar lo suficiente y, a veces, en el propio proceso de apisonado el saco se revienta, de modo que de una u otra forma el muro pierde sección útil portante.

El siguiente paso, una vez realizada la estructura o cerramiento es su protección frente a la humedad o lluvia mediante un revoco o impermeabilización exterior. Independientemente del material con el que se realice (mortero de cal, mortero de cemento, mortero bastardo, revoco

de tierra) siempre va a existir un problema de adherencia con el muro, pues aunque la forma irregular la favorezca, el material plástico del saco es una barrera entre capas de distinta naturaleza que puede llegar a ser incompatible según los casos.

Es necesario e imprescindible que se realice un mantenimiento continuo y adecuado del acabado exterior, para evitar su deterioro y que no permita la entrada de filtraciones de agua de lluvia y humedades que son el principal enemigo de este sistema constructivo.

Aunque este mantenimiento es también necesario en las construcciones realizadas con adobe y tapial, estas técnicas no tiene el problema añadido de la adherencia que produce la presencia intermedia del saco, que en la técnica de la tierra ensacada es necesario tratar tanto al exterior como al interior. Sí es necesario que los morteros utilizados para los revocos sean compatibles con la fábrica de tierra (no es una buena elección el mortero de cemento) pero el mortero por si solo ya presenta una mejor compatibilidad sin necesidad de usar otros medios auxiliares de anclaje, como mallas, vendas, clavos, cotespigas.

Por último, como problema común a evitar, en todos los sistemas constructivos con tierra, es la colocación de suficientes barreras para evitar el agua de absorción por capilaridad desde el terreno y los propios cimientos. Para ello además de sistemas de impermeabilización es necesario disponer de sistemas de drenaje adecuados.



Figura 2. Detalle de los revocos exteriores

3. DISEÑO DEL EDIFICIO

La decisión de utilizar tierra ensacada como sistema constructivo condicionó completamente el diseño volumétrico del edificio, el formalizar los espacios a través de cúpulas genera una geometría cuya siguiente cuestión a resolver fue cuál es el máximo diámetro que a autora atrevía construir.

Así, la planta del edificio se configura como un crecimiento orgánico a base de círculos que podrían continuar y ampliarse indefinidamente, pero utilizando únicamente dos tamaños, dos medidas de diámetro interior: 4,80 m y 4,00 m.

El programa funcional del edificio es un salón para restaurante de unos cincuenta comensales, aseos, cocina y zona de servicio con almacén, cuarto de instalaciones y baño.

Para albergar todo el programa se definen dos zonas, la primera correspondiente a los accesos y el comedor se configura mediante la macla de cinco cúpulas que giran sobre sus centros abriendo un juego de visuales transversales en el espacio interior que evita la

repetición espacial y la existencia de un solo eje visual. La segunda zona, privada y de servicio la forman tres cúpulas en donde se instalan la cocina, cuarto de servicio, almacén e instalaciones. Desde la segunda cúpula del comedor se tiene acceso a la cocina, y en un extremo se adosa otra cúpula en la que se sitúan los aseos. En total nueve cúpulas configuran todo el edificio.

Las cúpulas del comedor se cierran en su parte superior con óculos de iluminación y ventilación, alcanzan una altura de aproximada de 5 m y en las fachadas se distribuyen una serie de ojos de buey a la altura de los comensales.

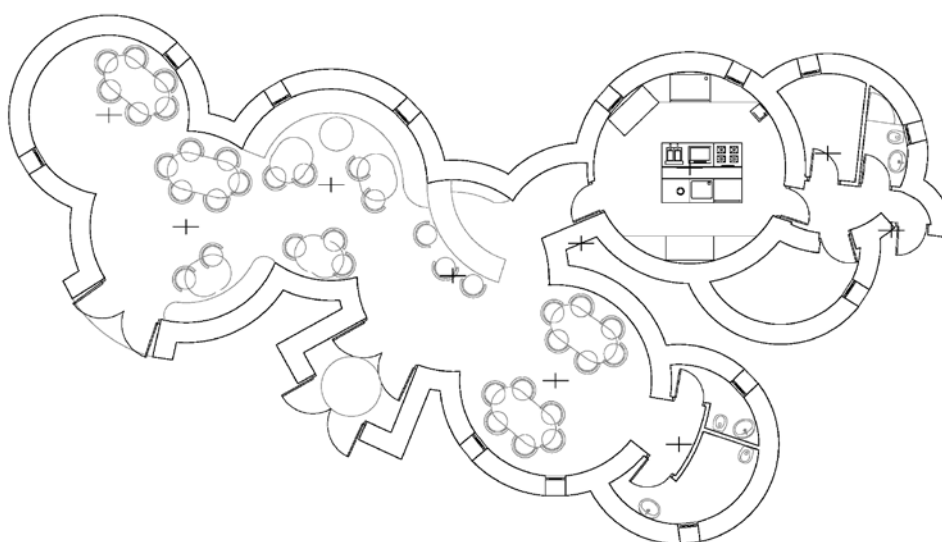


Figura 3. Planta del restaurante

4. DESARROLLO DE LA OBRA

4.1 Cimentación

El nivel freático de la parcela era muy superficial, apareció agua en una simple cata superficial. Por ello la cimentación que se planteó al edificio fue una losa de Hormigón Armado, bajo ella se situó una lámina de impermeabilización y un sistema de drenaje de tubo poroso perimetral, junto a una capa de encachado de unos 20 cm. de espesor.

La propia losa se conecta a un murete de Hormigón Armado que sirve como refuerzo en la zona del anillo de presiones de las cúpulas.

4.2 Las cúpulas

Previo a la realización de la obra se realizaron veinte pruebas de dosificación de la mezcla de tierra para el relleno de los sacos, y se ensaya en el laboratorio la mezcla final de tierra estabilizada (dosificación de tierra-cemento 10:1) que finalmente se utiliza para el ensacado en un saco continuo de rafia.

Las cúpulas se levantan con una proporción gótica formando una falsa bóveda por aproximación de hiladas. Cada hilada vuela unos centímetros sobre la inferior hasta que creciendo en altura el muro se cierra sobre sí mismo. La intersección de cúpulas genera también un arco gótico teórico, de paso entre ellas, que se construye también por aproximación, sin utilizar ningún tipo de encofrados u otros medios auxiliares.

Para el replanteo de la posición de cada una de las hiladas de tierra ensacada se utiliza un doble radio, un arco tiene origen en el centro y otro en el extremo. Así cada hilada vuela sobre la inferior formando la falsa bóveda por aproximación

El edificio se construye en bloque, todos los muros crecen simultáneamente, fila a fila, y los

empujes se contrarrestan entre sí. El momento más peligroso de la construcción llega cuando se alcanza la altura de los hombros de la bóveda, el voladizo en ese momento es muy grande y los empujes no están completamente equilibrados, las hiladas superiores podrían volcar hacia el interior. Como medida de seguridad se apuntaló toda la coronación de las cúpulas.



Figura 4. Imagen del proceso constructivo

En definitiva el proceso constructivo es relativamente sencillo y se podría decir que casi mecánico: se replantea el centro de la hilada a ejecutar utilizando los compases, in situ, sobre el muro, se rellena el saco con la mezcla de tierra estabilizada simultáneamente a su posicionamiento en el muro y se compacta manualmente.

A continuación, entre cada hilada, se coloca alambre de espino, con doble recorrido y se refuerza en los encuentros y empalmes. Como mejora a la conexión entre hiladas se realiza un cosido al tresbolillo con varillas de acero inoxidable y se refuerza sobre todo los arcos góticos de encuentro entre cúpulas.

Los cargaderos de ventanas y puertas de paso se resuelven mediante arcos de descarga. Para realizarlos se adapta la propia forma del saco continuo cuando el material aún está fresco. Por una cuestión de economía del proceso, para adaptar esas formas se utilizan bidones reciclados en vez de cimbras de madera.

Una vez cerradas las cúpulas en toda su altura se realizan los revocos del exterior y al interior. Para mejorar la adherencia entre capas y evitar posibles fisuras se utiliza fibra anclada a cotespigas situadas al tresbolillo. Se aplica una primera capa o trullado para regularizar los bordes y canales entre sacos y se realiza una segunda capa de acabado final, en la que se introduce la fibra. Para los revocos se utilizan morteros bastardos de cal con el color en masa.

Otra mejora que se introduce al sistema es la impermeabilización de todos los encuentros entre cúpulas mediante una pintura asfáltica con refuerzo.



Figura 5. Imagen de los revocos interiores

4.3 Instalaciones

En cuanto a las instalaciones de las que se dota al edificio, el objetivo fue realizar un edificio sostenible, se busca reducir lo máximo posible el consumo de energía y las emisiones de CO₂.

El edificio contribuye de una forma estática con su orientación. Se cierran los paramentos al norte y se abren hacia el sur. También contribuye al ahorro energético contribuye la inercia térmica de los muros de tierra y por último, la elección del sistema de calefacción-refrigeración que se proyecta para el restaurante.

La instalación de calefacción-refrigeración consiste en un sistema de suelo radiante-refrigerante mediante Aerotermia. Este sistema, a través de una bomba de calor aerotérmica captura la energía del exterior en forma de calor y reduce el consumo sin producir emisiones de CO₂ al no realizar ningún tipo de combustión.

Para la iluminación del edificio se utilizan lámparas de bajo consumo.

5. CONCLUSIONES

Tras la experiencia en la ejecución del restaurante y el resultado obtenido en la apuesta por esta técnica propia de situaciones de emergencia, se pone de manifiesto la enorme capacidad de desarrollo que tiene aún por explorar esta técnica, desde su propio desarrollo a su capacidad plástica.

La construcción sostenible tiene otras vías distintas de las habituales y el fenómeno de la autoconstrucción, muy ligado a la construcción con tierra, cada vez tiene más seguidores

que operan al margen de las normas establecidas. Internet es una fuente información que no tiene fronteras y se ha convertido en un auténtico manual, muchas veces no adecuado, de construcción con tierra ensacada.

Podría ser que el uso de la tierra ensacada hoy, fuera sólo una moda derivada de la coyuntura existente, no es ni mucho menos la mejor de las técnicas de construcción con tierra, pero ante la demanda, es necesario dar respuesta a los problemas técnicos que genera y plantear soluciones de mejora que permitan su uso en construcciones más duraderas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Minke, G. (2001). *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*. Alemania: Ed. Forschungslabor für Experimentelles Bauen, Universidad de Kassel.

Nader Khalili, E. (2008) *Emergency sandbag shelter & Ecovillage*. USA: Ed. Cal-Earth Press, Hesperia..

Notas

(1) Han hecho que este edificio sea posible: Sagrario Calvo Rodríguez y Alberto Aguado Donis, sus promotores y vecinos de San Cebrián de Campos (Palencia).

(2) A partir de la recopilación y análisis de los daños de los sismos en Guatemala y Chile, en la construcción de prototipos de viviendas antisísmicas en Guatemala, Ecuador y Chile, los proyectos de investigación llevados a cabo en el Forschungslabor für Experimentelles Bauen (FEB), (Instituto de Investigación de Construcciones Experimentales) de la Universidad de Kassel, Alemania, y los seminarios de científicos que se llevaron a cabo bajo la dirección de Gernot Minke en 1997 y 1998 en Santiago de Chile y Mendoza Argentina, se publicó el *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*, Ed. FEB, Universidad de Kassel, 2001, patrocinado por las instituciones alemanas, Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) y Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) en el contexto del proyecto de investigación *Viviendas sismorresistentes con materiales locales y climatización pasiva en zonas rurales de los Andes*.

(3) El Nader Khalili. *Cal-Earth Institute*, Hesperia. USA.

Currículo

Pilar Díez Rodríguez, arquitecto-urbanista, Máster en Restauración del Patrimonio, doctorando en “Modernidad y contemporaneidad en la Arquitectura” del área de Proyectos arquitectónicos de la Universidad de Valladolid. Directora de la Unidad de Promoción y Desarrollo de la Diputación de Palencia en cuatro ediciones. Presidenta de la Delegación de Palencia del Colegio de Arquitectos de León.