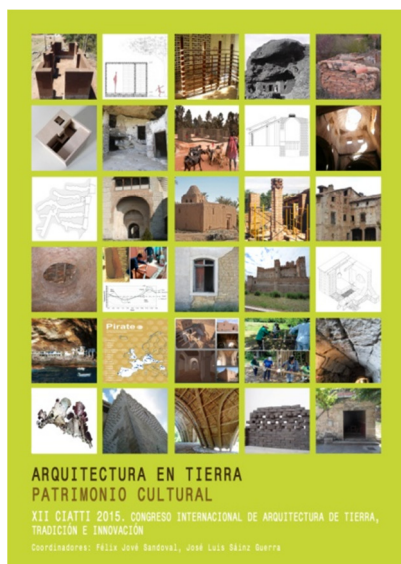




Arquitectura en Tierra

Patrimonio Cultural

XII CIATTI 2015

Congreso de Arquitectura de Tierra en Cuenca de Campos 2015.

Coordinadores: Félix Jové Sandoval, José Luis Sáinz Guerra.

ISBN: 978-84-617-4586-9

D.L.: VA 620-2016

Impreso en España

Agosto de 2016

Publicación online.

Para citar este artículo:

VILA ESTÉBANEZ, Daniel; MACHADO LÓPEZ, René; GORBE MARQUÉS, Isabel. "Hornos de los Alfares de Górriz (Teruel). problemas detectados y metodología de reparación". En: *Arquitectura en tierra. Patrimonio Cultural. XII CIATTI. Congreso de arquitectura en tierra en Cuenca de Campos 2015*. [online]. Valladolid: Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2015. Pp. 109-118

URL de la publicación: <http://www5.uva.es/grupotierra/publicaciones.html>

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.

HORNOS DE LOS ALFARES DE GÓRRIZ (TERUEL). PROBLEMAS DETECTADOS Y METODOLOGÍA DE REPARACIÓN

XII CIATTI 2015. Congreso Internacional de Arquitectura de Tierra
Cuenca de Campos, Valladolid.

*Daniel Vila Estébanez. Arquitecto, Doctorando por la Universitat
Jaume I. Castellón, España.*

*René Machado López. Ingeniero Industrial, Doctorando por la
Universidad de Columbia. Nueva York, USA.*

*Isabel Gorbe Marqués. Arquitecta, Presidenta de la Fundación
Ollerías Siglo XXI. Teruel, España.*

PALABRAS CLAVE: estructura, fábrica, estabilidad

1.Introducción

Los montes que rodean el borde noreste de la ciudad de Teruel tienen un bello color rojizo que les confiere la arcilla. Este material, tan abundante en la zona sirvió como embrión del desarrollo de la actividad alfarera que definió los primeros asentamientos, estableciendo una “simbiosis” perfecta entre sus habitantes, entorno, trabajo y cultura. Esta simbiosis dio lugar a manifestaciones tan importantes como el Mudéjar Turolense, a espacios urbanos de gran interés y a un espacio natural circundante que ha dado lugar a un territorio de singular belleza que constituye un ejemplo de territorio cultural, definido por el hombre y la actividad

industrial junto con la erosión, la lluvia y el paso del tiempo.

La evolución de los procesos de transformación y extracción de la arcilla, ha llevado al abandono de los espacios ocupados por canteras, alfares, industrias y residencias. Este abandono y la ausencia de una nueva ordenación urbanística, ha producido ocupaciones irregulares del terreno, que junto con la pérdida de su actividad característica, han determinado un grave proceso de pérdida de identidad, desestructuración y deterioro de los barrios de San Julián, Arrabal y Carrel. Para comprender mejor las “pérdidas” sufridas en el patrimonio alfarero de la ciudad, podemos

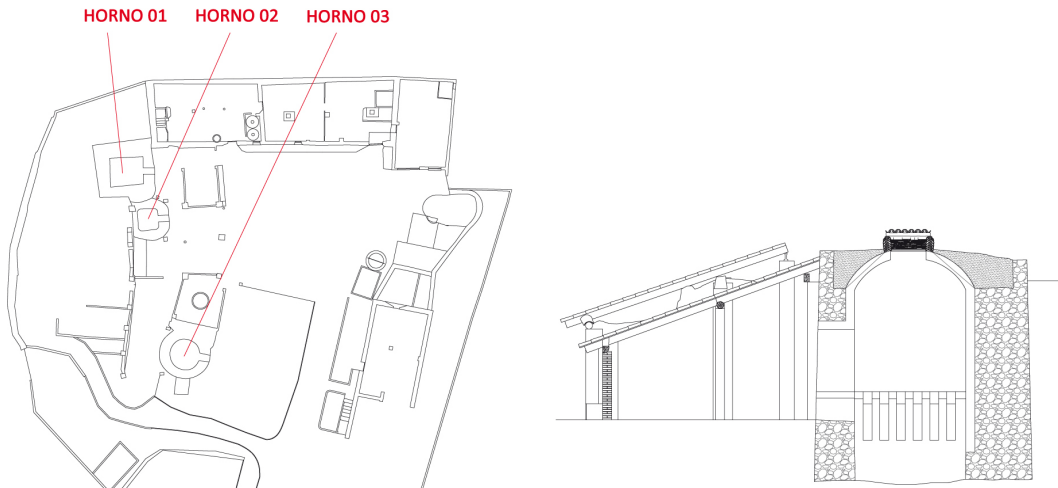


Figura 1 y 2. Planta general de la Alfarería de los Hermanos Górriz y sección del Horno 1.

indicar que si a finales del siglo XVIII, en concreto en el año 1784, había en Teruel 30 alfarerías, y en 1912 quedaban 12 en el barrio de San Julián; en la actualidad únicamente quedan dos alfarerías en San Julián, y una en el Carrel al final de la calle Ollerías.

La necesidad de invertir este proceso, cambiando la degradación por regeneración promoviendo el aprovechamiento cultural y turístico de los valores del patrimonio alfarero, a partir de su conservación y puesta en valor, son las premisas que llevaron a la Fundación Ollerías Siglo XXI a la definición del Proyecto de “Complejo Cultural Alfarería Turolense”. Uno de los objetivos de este PROYECTO, es lograr la integración del Patrimonio artesanal e industrial relacionado con la Actividad Alfarera, dentro del ámbito territorial, considerando que es un elemento relevante dentro del Patrimonio Histórico y Cultural de la ciudad, y que su integración como valor activo puede convertirse en un catalizador de la regeneración urbana, social y económica de las zonas degradadas.

La Fundación Ollerías Siglo XXI organizó en el año 2012 unas Jornadas Culturales centradas en las Alfarerías de los hermanos Górriz, realizando la presentación de estas Jornadas en los propios Alfares para dar a conocer el grave estado de deterioro en que se encontraban y la urgente necesidad de acometer intervenciones de apuntalamiento y restauración, que evitaran su desaparición.

Con la determinación de lograr la recuperación de los Alfares de los hermanos Górriz, la Fundación Ollerías Siglo XXI, con la colaboración de los propietarios de la Alfarería y la del Ayuntamiento de Teruel solicitaron el Taller de Empleo de “Restauración del Alfár de los Hermanos Górriz” que el Departamento de Economía y Empleo del Gobierno de Aragón, concedió a la Fundación OLLERÍAS SIGLO XXI dentro de la convocatoria del año 2013, cofinanciado al 50% por la Unión Europea a través del Fondo Social Europeo.

En el plano de planta de los Alfares de los hermanos Górriz (Figura 1) pueden verse las distintas edificaciones y espacios que definen la Alfarería. De las edificaciones que componen los Alfares, habría que destacar por su singularidad, los tres hornos dedicados a la cocción de cerámica. Estos hornos están catalogados como edificios de interés monumental y son hornos de tiro vertical con doble cámara, en la inferior está la cámara de fuego y en la superior la de cocción, separadas por una rejilla. Los tres hornos de cocer cerámica son de gran tamaño y están contruidos con paredes de aproximadamente 1 metro de grosor, compuestas de tres capas realizadas en distintos materiales.

En los Alfares existe también otro horno dedicado a la cocción de esmaltes, de tamaño más reducido y con sistema de funcionamiento diferente, ya que es un horno de dos cámaras y de tiro horizontal, con la cámara de fuego situada a la derecha de la cámara de cocción.



Figura 3. Acceso a la cámara de fuego (inferior) y de cocción (superior) del Horno 1.

Las plantas de los tres hornos son de varias formas y superficies, así el horno 1 es de planta cuadrada, el horno 2 es de planta cuadrada con las esquinas redondeadas y el horno 3 es de planta circular. Los hornos 1 y 2 están en la actualidad semienterrados por varios de sus lados y el horno 3 está exento por casi todos sus lados menos por el lado norte que está adosado al almacén de molido.

La cámara de fuego situada en la zona inferior del horno y semienterrada en los tres, está construida en todos ellos con paredes de ladrillo, al igual que la cubierta que sirve de rejilla de separación con la cámara de cocción y que está realizada con dos series de arcos de ladrillo. Los arcos principales de un pie de espesor y separados otro pie entre ellos, van de la pared norte a la sur y los arcos secundarios, de medio pie, van de un arco principal a otro, formando una retícula cuadrangular que define la rejilla que separa la cámara de fuego de la de cocción, permitiendo a la vez el paso del calor entre ellas.

El acceso a la cámara de fuego se realiza a través de una boca rematada en arco de ladrillo por la que se suministraba desde el exterior el combustible compuesto de aliagas, matorrales y ramas troncos hasta alcanzar la temperatura deseada para la cocción de la cerámica. Esta temperatura había que mantenerla durante todo el proceso de la cocción, por lo que había que estar “alimentando” constantemente el fuego, por lo

que la boca debía estar accesible y protegida bajo un porche.

La cámara de cocción, situada en la parte superior, de mayor tamaño y altura que la de fuego, y su espacio interior, de planta cuadrada, se define por cuatro paredes construidas con ladrillo en los hornos 2 y 3 y con ladrillos y trozos de birlos en el horno 1. Esta cámara está cubierta en los tres hornos con una cúpula realizada también en ladrillo, que no llega a cerrarse en el centro ya que dispone de un gran óculo central circular para ventilación. Los hornos 2 y 3, además del óculo central, disponen de cuatro pequeñas “chimeneas” de ventilación realizadas con una pieza cilíndrica de cerámica. Al exterior sobre la cúpula y hasta el remate de la pared exterior, las cubiertas se han rellenado con terreno natural sin ningún tipo de protección para su cubrimiento, a excepción del óculo central que tiene una cubierta de teja que se apoya en un murete realizado con trozos de tejas para darle un poco más de altura.

El horno que en proyecto se ha llamado Horno 1, es el de mayor tamaño y el más antiguo de los tres. Su planta es cuadrangular y está cubierto por una cúpula realizada en ladrillo, con un gran óculo central que servía de chimenea de ventilación. En su fachada principal situada al este se encuentran las puertas de acceso a las dos cámaras. Este horno funciona con tiro vertical, situándose la cámara de fuego (con una altura de 2,72 m) en la zona inferior y separada por una rejilla de la



Figura 4. Cámara de fuego, rejilla y cámara de cocción.



Figura 5. Cúpula de ladrillo del Horno 1 y remate superior del óculo.

cámara de cocción (con una altura de 3,54 m) que se sitúa en la zona superior. Sus muros, de un grosor de aproximadamente 1 m, están contruidos con tres capas, la exterior de mampostería, la interior de material cerámico y la central de relleno de argamasa con bolos.

De los materiales y elementos constructivos utilizados en el horno 1 destacaremos los “birlos” que es un elemento cerámico, también llamado clavo de alfarero, que se utilizaba en el relleno de los hornos para servir de capa o estante en la que se apoyaban los distintos elementos introducidos para la cocción. El “birlo” es de forma cilíndrica con extremos apuntados, con diámetro de unos 5 cm y longitud variable de unos 80 cm y se han utilizado en la construcción de la pared interior que se ha realizado con hileras alternas de ladrillo cerámico y de trozos de “birlos” colocados perpendicularmente.

La inexistencia de cualquier sistema de cubrición ha facilitado la acumulación de agua y humedad en la parte superior de la cúpula de cubierta de la cámara de cocción. Esta acumulación de agua y humedad desaparecía en las cocciones, pero en la actualidad y después de más de 30 años en

que los hornos no se han utilizado, el agua y la humedad han permanecido de forma constante, convirtiéndose en la mayor fuente de problemas para la estabilidad de los hornos, ya que han ido arrastrando y eliminado la argamasa entre los distintos materiales de las tres capas de las paredes de los hornos produciendo disgregaciones en su masa y la aparición de grietas y oquedades.

El deterioro por humedades, el paso del tiempo y otras causas como los empujes de los rellenos del terreno que los circunda han producido deformaciones y grietas en las paredes y cubiertas de los hornos que amenazan la estabilidad de sus estructuras de fábrica.

Las actuaciones propuestas para la rehabilitación de estos hornos pretenden recuperar la estabilidad de las estructuras de fábrica con que se construyeron en los siglos XVIII y XIX. Esta comunicación expone las actuaciones proyectadas para lograr la reconexión entre los diferentes materiales y capas que forman las paredes del horno para conseguir que vuelvan a trabajar como un único elemento. Recuperando la sección útil de paredes y cúpulas, siguiendo las técnicas

propias de la época en que se construyeron, que se basaban en el conocimiento de que las estructuras de fábrica trabajan a compresión.

La introducción de un aglomerante que “ligue” de nuevo los materiales y capas que definen las paredes, recuperará una sección útil suficiente para permitir que la línea “teórica” de esfuerzos de las cargas, pase por el interior de esta sección, asegurando un coeficiente de seguridad suficiente para lograr su estabilidad, que permita volver a ponerlas en servicio y más tarde actuar sobre revestimientos y acabados.

Como en toda estructura, el formato conceptualmente válido para el tratamiento de las construcciones existentes consiste en comparar las solicitaciones con las capacidades resistentes. Lo primero se resuelve mediante el análisis estructural, dotado hoy de herramientas poderosas, pero que deben emplearse con mucho juicio y haciendo uso de diferentes aproximaciones. El análisis estructural de obras de fábrica requiere de metodologías especiales adaptadas a elementos que no son medios continuos, ni están formados por materiales que puedan resistir a tracción y a compresión, sino estructuras discontinuas, capaces de resistir elevadas compresiones pero incapaces de resistir tracciones simples, aunque movilizan mecanismos resistentes.

2. Descripción de las Patologías

En los casos de los hornos 2 y 3, las patologías son las propias derivadas de la acción del agua, por defectos de sellado y rejuntado de las estructuras. Esta acción del agua, con el tiempo, ha producido ciertas deformaciones que han agravado el paso del agua, lo que ha provocado la situación actual.

De la misma forma, en el caso del horno 3, la separación del contrafuerte de mampostería colabora con la mayor deformación del elemento.

En el caso del horno 1 se repiten las patologías antes descritas y se añade una fuerte deformación del muro izquierdo en su primer tercio de desarrollo, que además en la actualidad se encuentra prácticamente todo bajo tierra. Esto último produce mayores deformaciones que en los hornos 2 y 3 en

diversas zonas como las cubiertas y resto de muros.

En ninguno de los tres casos, y de conformidad con las catas de suelo realizadas, así como del análisis morfológico de los agrietamientos, se determina la posibilidad de patologías por asientos diferenciales.

2.1. Origen de las patologías

En el caso de los hornos 2 y 3, las patologías se derivan del abandono y degradación exterior de los morteros, que implica una entrada de agua prolongada y el origen de las patologías antes descritas.

En el caso del horno 1, además de la acción del agua, existen otras situaciones de contorno que provocan las patologías, como son:

- a) Elevación de los rellenos exteriores que se apoyan contra los muros durante los últimos años.
- b) Falta de drenaje de las tierras exteriores.
- c) Aparición de un muro de bloques de hormigón tras las tierras, carente de drenaje que eleva los empujes horizontales que este soporta.

2.2. Pronóstico

En el caso de los hornos 2 y 3, la situación de degradación es importante, pero no suponen riesgo estructural a corto plazo, a pesar de lo que se debe intervenir lo más pronto posible para que estas no avancen.

En el caso del horno 1 los niveles de deformación del muro requieren de una intervención inmediata como han demostrado los resultados de cálculo, que indican que se encuentra en una situación límite de comportamiento estructural.

3. Comportamiento estructural de las estructuras de fábrica

Los tres criterios estructurales fundamentales son los de resistencia, rigidez y estabilidad. En una estructura de fábrica se puede afirmar, en general, que la tensión de trabajo considerada en cualquier sección es suficientemente baja como para no agotar la resistencia global de la estructura y las deformaciones de la

estructura son insignificantes. Sin embargo, para un determinado incremento de las cargas soportadas por la estructura puede suceder que los esfuerzos se salgan de su sección resistente poniendo fin a la estabilidad en la que ésta se encontraba. Por lo tanto, para el estudio de las estructuras de fábrica, el más relevante de los tres criterios planteados es el de la estabilidad, y para garantizar la estabilidad, es necesario mantener la línea de empujes dentro de la sección de la fábrica.

Se define como línea de empujes al lugar geométrico de los puntos de paso de los empujes respecto a un sistema de planos dado.

Robert Hooke (1670-1680) asimiló el funcionamiento de los arcos al de cables invertidos con el siguiente argumento: “Del mismo modo que cuelga el hilo flexible, así, pero invertido, se sostendrá el arco sólido”. Este hilo colgante recibe el nombre de catenaria, entendiéndose por catenaria la curva cuya forma es la que adopta una cuerda de densidad uniforme sujeta por sus dos extremos y sometida únicamente a la fuerza de la gravedad. Para el caso de arcos sometidos únicamente a cargas verticales con planos de corte también verticales, la línea de empujes adopta la forma de una catenaria invertida, definiéndose esta curva como antifunicular. En los arcos, por analogía con la catenaria, lo que era tracción se convierte en compresión y, por lo tanto, la fuerza que en la catenaria intenta juntar los extremos intenta separarlos en el caso de los arcos. Por lo tanto, el arco ideal sería aquel que tuviera forma de catenaria y, en palabras de Gregory (1697), “si arcos de otras formas se sostienen es porque hay una catenaria en su interior”. Si la línea teórica de equilibrio está comprendida en el perfil real del arco, éste es estable. Por el contrario, si la forma geométrica del arco y la curva funicular no coinciden, es preciso para que el conjunto esté en equilibrio que, al menos, ésta se encuentre incluida en el área de materia resistente del paramento que, en su caso, contenga al arco (García, 2001).

El cálculo de las estructuras de fábrica se hace sobre la base de que el material fábrica es heterogéneo y unilateral. Heterogéneo porque está compuesto por un conjunto de piezas (ladrillo o piedra) que se mantienen unidas por un aglomerante (mortero de cal o cemento, yeso o cemento natural).

Unilateral porque las fábricas se comportan excelentemente trabajando a compresión y no son capaces de trabajar en condiciones que las sometan a tracción sin la colaboración de otros materiales que absorban estos esfuerzos, como podrían ser los anillos o los tirantes metálicos. Por tanto, para garantizar el correcto funcionamiento de una estructura de fábrica a compresión se debe cumplir que el esfuerzo, entendido como la resultante de las tensiones que se transmite a través de las juntas que componen el arco, el estribo, la bóveda o la cúpula ha de estar contenido dentro de la fábrica (Huerta, 2004).

4. Cálculos y Resultados. Horno 01

4.1. Descripción geotécnica del terreno

En base a la testificación de los materiales observados en los sondeos se puede establecer un perfil de terreno constituido por tres niveles geotécnicos diferentes: a) rellenos antrópicos, b) limos arenosos con gravas y c) arcillas.

De este estudio se desprende que los terrenos que rodean a los hornos (que en el caso del horno 01 sería, al menos, hasta los dos metros de profundidad) son rellenos provenientes de los restos de cocción, que lejos de comportarse como rellenos perimetrales de la estructura, se convierten en un elemento de almacenamiento de agua y generador de empujes contra los muros.

4.2. Comportamiento estructural del Horno 01

La cúpula del horno 1 es de piezas cerámicas. Se ha considerado una densidad media de 15 kN/m³. Así mismo se ha considerado un canto de hoja de 25 cm con un relleno hasta la parte superior de la clave. El peso total de la cúpula con el relleno incluido y sin considerar la parte de los muros es de 60 kN.

Las tensiones de trabajo en estas fábricas son bajas. Siguiendo los criterios de Heyman, el punto crítico de estas estructuras no está en las tensiones sino en el equilibrio, y éste está condicionado fundamentalmente por la geometría. Por tanto, se utilizará un coeficiente de seguridad geométrico en lugar de uno tensional. El coeficiente de seguridad geométrico es un valor adimensional que indica la posición de la línea de fuerza

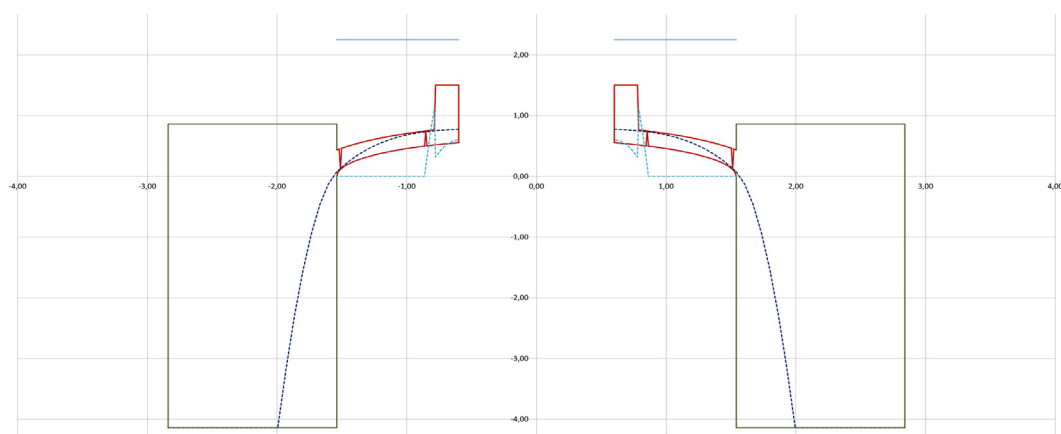


Figura 6. Diagrama con la línea de empujes y las tensiones anulares de la cúpula del Horno 1.

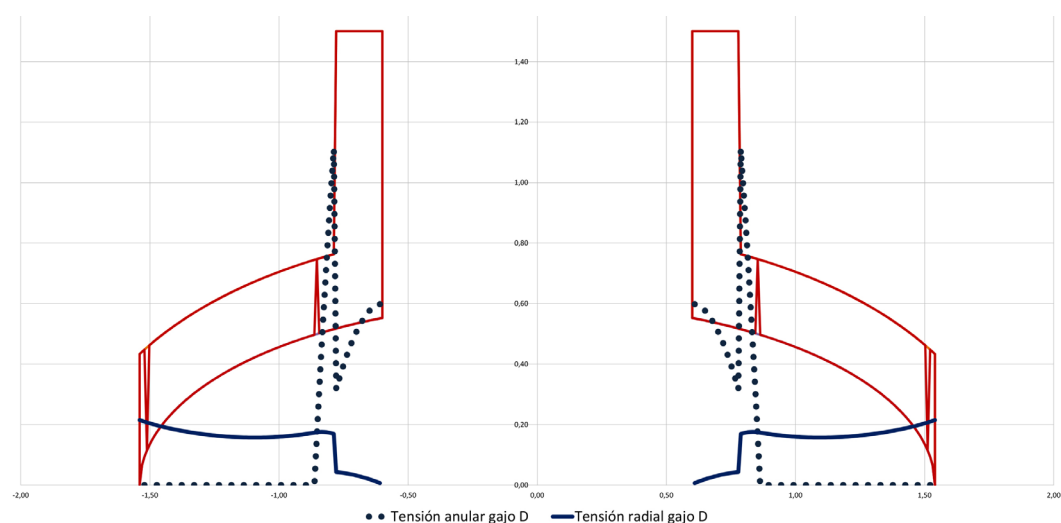


Figura 7. Tensiones radiales y angulares de la cúpula del Horno 1.

respecto al centro a su paso por una sección transversal de la pieza. Un valor infinito quiere decir que la línea de fuerza pasa justamente por el centro de la sección, un valor de 3 quiere decir que la línea de fuerza pasa dentro de 1/3 de la sección. Un valor de 1 quiere decir que la línea de fuerza pasa justo por el extremo de la sección. Un valor mayor de 1 quiere decir que la línea de fuerza pasaría fuera de la sección, situación imposible, pues antes hubiera sobrevenido el colapso. Para arcos y cúpulas Heyman aconseja un Coeficiente de Seguridad Geométrico mínimo de 1,1.

Los resultados del cálculo arrojan los siguientes datos para un Coeficiente de Seguridad Geométrico mayor de 1,1: la tensión máxima radial es de 0,02 N/mm² y la tensión máxima anular de 0,11 N/mm², valores muy inferiores a los máximos admisibles para esta fábrica.

En la Figura 6 se muestra por dónde pasa la línea de empujes de la cúpula del horno 1 y su camino hacia la cimentación a través de los muros. En la cúpula, el coeficiente de seguridad de 1,1 implica que la línea de fuerza pasa dentro del 90% de la sección. La geometría de esta línea marca la posición de las articulaciones que aparecen en la fábrica de la cúpula e indica los puntos en los que aparecen tensiones de tracción que la fábrica no es capaz de asumir y provocan la aparición de grietas tanto en el intradós como en el extradós.

En la Figura 7 se representan las tensiones radiales y anulares que afectan a la cúpula del horno 1. Las tensiones radiales aparecen en la dirección de los meridianos de la cúpula y las anulares en la dirección de los paralelos.

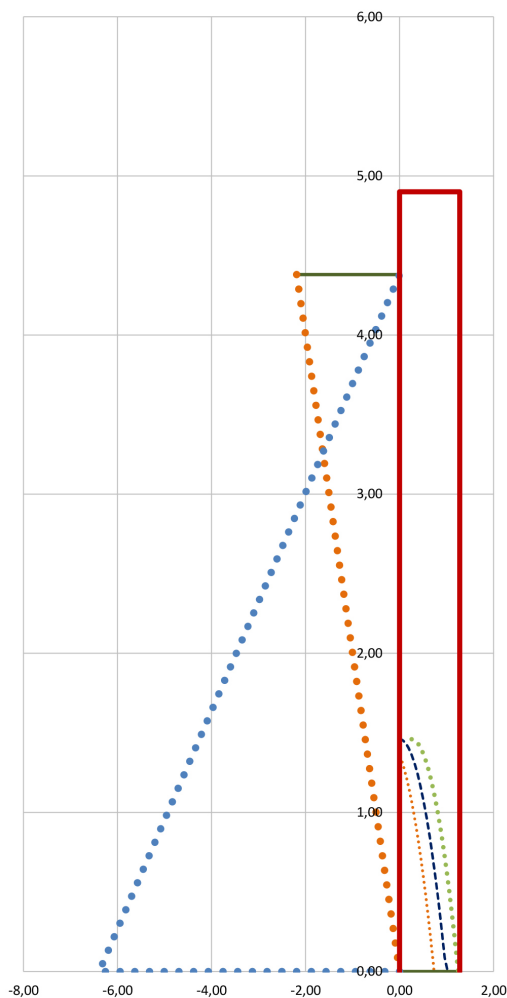


Figura 8. Muro del Horno 1.

En la Figura 8 se representa el muro del horno 1, que ejerce de muro de contención de los terrenos de relleno colindantes. Se ha considerado que los terrenos tienen una densidad de 17 kN/m^3 y un ángulo de rozamiento de 45° . Así mismo se ha estimado una sección de muro de 1,28 metros compuesto de dos hojas exteriores y un relleno interior, y la misma densidad que el terreno.

Los resultados de cálculo arrojan los siguientes datos para un Coeficiente de Seguridad al Vuelco 1,587; Coeficiente de Seguridad Geométrico 1,667. Ambos están por encima de 1 que es el valor de colapso, pero inferiores a 3 que se considera un valor que garantiza la seguridad.

En base a estos valores se ha estimado que estos valores son críticos, debiéndose tomar las medidas precisas para garantizar la seguridad de dicho muro.

5. Soluciones y Actuaciones Propuestas. Horno 01

Las operaciones de reparación y refuerzo son las que se enumeran a continuación.

5.1. Consolidación de Muros

Esta operación deberá realizarse previamente a la realización de cualquier otra operación de reparación o refuerzo necesaria. Las fases para conseguir la consolidación de los muros serán las siguientes:

a) Eliminación del revoco. Generalmente la pared se presenta en mal estado y con ella los morteros de conexión, lo que hace necesario su saneado manual con herramientas no agresivas hasta que desaparezcan las partes inconsistentes.

b) Limpieza del muro. Después de la eliminación del revoco, se practicará un lavado de la superficie con agua, de modo que se eliminen eventuales sustancias solubles como el yeso u otras sustancias insolubles combinando el lavado con acciones mecánicas. Como alternativa al lavado podrían efectuarse limpiezas mecánicas con cepillos, aire comprimido o arenaciones.

c) Preparación del muro. Se realizarán los agujeros de inyección, para lo que se deberá estudiar con antelación su geometría y localización. Es oportuno utilizar perforadoras a rotación para no transmitir a la estructura vibraciones o sacudidas dañinas, abriendo agujeros con un diámetro máximo de 20 mm y con una profundidad nunca superior a $2/3$ de la sección del muro. En los agujeros practicados se insertarán los tubos de rellenado, que pueden ser de cobre, aluminio o resinas sintéticas. Finalmente, estos tubos se sellarán en la pared con argamasa de fraguado rápido para evitar la expulsión durante la inyección así como para evitar la salida de la mezcla durante el proceso de inyección.

d) Ejecución de las inyecciones. Según las modalidades de introducción de la mezcla en la masa mural se pueden tener tres métodos diferentes de intervención:

- Método de inyección por presión. La mezcla penetra por los agujeros provistos de inyectores unidos a una bomba que la empuja hasta difundirse en la masa mural a una presión adecuada a las dimensiones de las grietas y al tipo de mezcla. La introducción se inicia desde las zonas laterales inferiores hacia el centro, continuando por las capas superiores hasta la cumbre.

- Método de inyección por gravedad. Si el estado de la albañilería no pudiera soportar sobrepresión o perforaciones se hace penetrar la mezcla de lo alto por las lesiones o cavidades creadas, extirpando material deteriorado. Este método sólo permite la oclusión de las cavidades de mayor dimensión.

- Método de inyección por depresión. Se sellan preventivamente las grietas superficiales con argamasa de fraguado rápido y se posicionan los inyectores. Los inyectores inferiores están conectados al contenedor de la mezcla y en los superiores se crea el vacío por los que saldrá la mezcla por remonte.

En este caso, se recomienda la metodología de inyección por gravedad, para evitar así poner en riesgo la estabilidad de los muros de fábrica.

5.2. Reparación, Revestimiento y Sellado de las cúpulas de Cubierta

En primer término, y de forma unitaria, se deberán limpiar cuidadosamente las cubiertas eliminando matorrales y dejando a

la vista únicamente las tierras de relleno que aparecerán por el extradós.

Una vez realizadas estas labores, se procederá al rejuntado de todos los elementos de fábrica visibles utilizando mortero de cal NHL hasta conseguir recuperar su geometría y sellado. En ningún caso se deberán retirar las tierras de relleno para realizar cualquier operación de albañilería para no modificar el equilibrio de cargas de la cúpula.

Finalmente, y con el objetivo de evitar el paso de agua, se procederá a la colocación sobre estos rellenos de una capa continua de mortero a base de ligante NHL2 que cubra hasta la cabeza de los muros los citados rellenos con una pendiente del 2%.

5.3. Reconexión de los Elementos de Fábrica

Esta reconexión se realizará tanto por el interior como por el exterior, rellenando y sellando completamente cualquier grieta o fisura que aparezca en la estructura, mediante la utilización de mortero tixotrópico de cal NHL y alta resistencia.

Esta operación deberá realizarse en primer término para así poder sellar las posibles fugas de las mezclas de inyección y consolidación.

5.4. Eliminación de Rellenos en las Zonas Exteriores de los Hornos

La eliminación de los rellenos se realizará mediante excavación manual. No deberá realizarse en ningún caso con maquinaria y deberá respetarse la cota de descenso de forma equilibrada durante la ejecución de los trabajos.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Fundación Ollerías Siglo XXI la documentación e información facilitada para la realización de esta comunicación.

Bibliografía

- COULOMB, CHARLES AUGUSTIN (1773). *Essai sur une application des règles de maximis et minimis à quelques problèmes de statique relatifs à l'architecture*. Mémoires de Mathématique et de Physique, présentés à l'Académie Royale des Sciences par Divers Savants et lus dans ses Assemblées (Paris), 7, 343–382. Paris: 1776.
- FORTEA LUNA, MANUEL (2008). *Origen de la bóveda tabicada*. Centro de Oficios de Zafra.
- FORTEA LUNA MANUEL. (2013). *Análisis Estructural De Bóvedas De Fábrica, La Eficacia De La Geometría*. Universidad de Extremadura Escuela de Ingenierías Industriales de Badajoz, Departamento de Expresión Gráfica
- GARCÍA BARRÓN, LEONCIO (2001). *La técnica de la arquitectura medieval*. Universidad de Sevilla, Secretariado de Publicaciones.
- GREGORY, D. (1697). *Catenaria*. *Philosophical Transactions of the Royal Society*. 19: 637–52.
- GVOZDEV, A. A. (1938). *Cálculo del valor de la carga de colapso de sistemas estáticamente indeterminados que sufren deformaciones plásticas*. Moscú.
- HEYMAN, JACQUES, (1988). *Poleni's problem*. Proc. Instn Civ. Engrs, Part I. Agosto 1988, pp. 737-759.
- HEYMAN, JACQUES, (1999). *El esqueleto de piedra*. Instituto Juan de Herrera.
- HUERTA FERNÁNDEZ, SANTIAGO, (2004). *Arcos, bóvedas y cúpulas. Geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica*. Instituto Juan de Herrera.
- HOOKE, R. (1676). *A description of helioscopes, and some other instruments*. Londres.