

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS INTERVENCIONES EN FÁBRICAS DE TAPIAL. EL CASO DE LAS FORTIFICACIONES

IV Congreso de Tierra en Cuenca de Campos, Valladolid, 2007

Jacinto Canivell García de Paredes
Arquitecto.
Universidad de Sevilla. Departamento de
Construcciones Arquitectónicas 2, Sevilla,
España

Resumen

A pesar del gran número de monumentos históricos de tierra dañados, se conoce poco acerca de cómo reparar las fisuras que se producen en sus muros estructurales. En muchos casos, las paredes de adobe sufren una disminución significativa de su resistencia y rigidez, que podría conducir a la pérdida de estabilidad y al colapso. Es importante, por lo tanto, encontrar formas de reparar los daños en muros estructurales de monumentos de tierra, a fin de recuperar su resistencia y rigidez originales.

Este artículo presenta resultados de un programa experimental realizado para estudiar la posibilidad de reparar fisuras en muros estructurales de adobe por medio de la inyección de morteros líquidos (grouts) de barro. Los grouts estudiados fueron preparados con suelo tamizado solo y también con aditivos estabilizadores como cal, cemento y yeso. Se ejecutaron ensayos de tracción indirecta (una adaptación del ensayo brasileño de tracción indirecta para cilindros de concreto) en “emparedados” de adobe para determinar la dosificación de las mezclas que proporcionen buena adherencia entre el bloque y el mortero.

Para comprobar la eficiencia de la reparación con estos grouts seleccionados, se construyeron muretes de adobe de 700 x 700 mm. que fueron ensayados en compresión diagonal (ASTM) y medida su resistencia. Luego de agrietados por estos ensayos, se repararon los muretes con inyecciones de grouts de barro, y posteriormente, ensayados nuevamente para estimar la efectividad del método de reparación.

En este documento, se presenta un procedimiento práctico para reparar muros de adobe agrietados, mediante inyecciones líquidas (grouts) de barro solo o con aditivos estabilizadores y explica sus fundamentos y respaldo experimental, creando un nuevo criterio de recuperación de resistencia y un nuevo criterio de intervención para la conservación monumental de arquitectura de tierra, que se ha empezado a mostrar a la comunidad mundial de conservación. En el Perú, ya se han iniciado sus aplicaciones en obras de conservación.

Introducción

Las edificaciones defensivas constituyen en sí un conjunto muy particular de construcciones por su tipología muy particular, por sus materiales y técnicas constructivas e incluso en lo que se refiere a su situación topográfica. Estas pocas particularidades obligan a tener una especial consideración con este tipo edificatorio, que además en muchas situaciones forma parte del mismo patrimonio, declarado o no¹.

Ante este panorama dirigimos el discurso hacia aquellas fortificaciones que perteneciendo a nuestro pasado histórico, han sido levantadas con técnicas relacionadas con el uso de la tierra, y en concreto con la técnica del tapial. El paréntesis histórico en la que se usaron más prolíficamente es también preciso y responde a un programa de necesidades que sus grupos sociales tuvieron que solventar. La situación temporal nos transporta hasta la etapa de la ocupación musulmana de la península y en múltiples casos similares, al periodo almohade, que se inicia a mediados del siglo XII y terminará aproximadamente en pleno siglo XIII. Será entonces cuando debido a la presión de los reinos cristianos y a las propias tensiones internas entre castas, se

levantarán castillos, alcázares y se cercarán ciudades en muy diversos puntos geográficos y en un espacio temporal relativamente reducido. La técnica del tapial se adapta magníficamente a estos condicionantes de partida. Por un lado introduce un tipo de obra fácil de ejecutar y rápida, ya que la disponibilidad de los materiales es inmediata². Aunque la técnica en sí es el resultado de un proceso de refinamiento, los medios auxiliares para la puesta en obra son sencillos y fáciles de encontrar e igualmente la mano de obra no tiene por que ser altamente especializada. Por otro lado y como consecuencia directa, deriva en la reducción de los costes de producción. Todos estos factores contribuyeron al desarrollo de una técnica de tapial específica para las fortificaciones, con innegables conexiones de las utilizadas en edificación civil, pero con especificidades que la hacen merecedora de un estudio pormenorizado.

Se han elegido varias localizaciones en ciudades del sur peninsular, que describen situaciones muy diversas en cuanto a la morfología de las murallas y su relación con el entorno urbano:

1. Murallas urbanas completas. El caso seleccionado es el de las murallas urbanas de Niebla. Los lienzos se conservan prácticamente en toda su longitud, aunque en algún tramo su estado tan sólo deje un leve rastro de su recorrido. Su restauración en los años ochenta marcó un hito en posteriores intervenciones similares.

2. Murallas urbanas parciales. Sevilla y Granada describen dos situaciones similares, ya que el antiguo perímetro amurallado de las urbes ha quedado muy desvirtuado y su lectura no es inmediata. Como es el caso de Sevilla, dado la enorme área que engloba y la fuerte expansión urbana que sufre la ciudad en época más recientes, el trazado ha quedado integrado dentro de la trama urbana en una gran proporción de su longitud.

3. Castillos. Se han seleccionado algunas pequeñas intervenciones que muestran las particularidades de esta tipología. Suelen ser construcciones de dimensiones menores y su misión no es la de proteger a toda una urbe, sino servir de apoyo, guarnición militar o refugio temporal de los habitantes. En oposición a los recintos amurallados, suelen ser los pun-

tos entorno a los que se constituyen nuevos núcleos urbanos, ubicados en lugares muy estratégicos del territorio.

La técnica del tapial, posiblemente utilizadas en ámbitos civiles y domésticos en su inicio, se reinventa para dar solución a un construcción sencilla y rápida, aunque a la vez eficaz y duradera. Entre todas las exigencias que se le pueden aplicar a un muro, la durabilidad y la resistencia son dos factores fundamentales que deben potenciarse en los muros de las fortificaciones. Por contra, otras propiedades tales como el aislamiento térmico y acústico pasan a ser secundarios.

Mediante la simple operación del aumento del grosor del muro se consigue fácilmente gran parte de las exigencias perseguidas, pero por el contrario se introducen nuevos escollos técnicos a salvar. La técnica tradicional de la tapia reutiliza las agujas³, una vez confeccionado un cajón, para reutilizarlas en el siguiente. De esta forma se retiran de la masa de la tapia, que en ámbitos domésticos puede rondar los 40 – 60 cm de espesor. Sin embargo en el nuestro caso esta acción se ve imposibilitada debido a gran grueso de muro y al excesivo rozamiento de la aguja - tierra. La solución consiste en hacer medias agujas (no son pasantes), dejarlas perdidas dentro de la masa de la tierra y cortar las cabezas salientes una vez que se retiran los encofrados. El uso de los codales y de los tensores⁴ también es necesario adaptarlos por razones derivadas de la gran separación entre los tapias. Como solución propuesta por López Martínez (López Martínez, Francisco Javier 1999), los codales estarían inclinados contra los encofrados y los tensores anclados en la masa inferior, mantendrían firme el conjunto. Por sus magnitudes, este tipo de obra requeriría un planeamiento de obra eficaz para conseguir una alta rentabilidad en los procesos constructivos. Por esta razón no parece descabellado que los encofrados fueran corridos dentro de una misma hilada. De hecho se pueden encontrar en los alzados (si la erosión no lo ha borrado) líneas inclinadas a 45º delatando la finalización de un tajo largo, las líneas verticales marcadas entre cajones cada aproximadamente 220 cm pueden no deberse a juntas reales de cajones completos terminados en una frontera⁵, sino a juntas marcadas por los módulos de los encofrados. La sistemática también se podría orientar en otra

dirección, entendiéndose que se usan la unidad del cajón de tapia a modo de ladrillo, levantando una fábrica de tapia como si fuera también un muro aparejado. Este proceso constructivo no está todavía suficientemente estudiado y podrá ser objeto de una posterior investigación.

Por su dosificación la propia masa de tierra es significativamente diferente a la de los tapias domésticos, haciéndola más similar a un opus emplectum romano que a un amasado de tierras. Para empezar la proporción de cal utilizada es mayor, lo que confiere más resistencia y durabilidad. La granulometría también cambia, encontrándose un abanico más amplio de partículas, abarcando desde finos hasta gravas gruesas, estas últimas caracterizan este tipo de tapias que para establecer diferencias podríamos denominar tapias de hormigón de tierra. Graciano (Graciano García, Tabales Rodríguez, Miguel Ángel 2003) establece una tipología amplia para los tapias, describiendo las composiciones generales y las formas constructivas para cada época en el entorno sevillano, pero podrían ser transpolables a otros casos. El material utilizado en muchos casos estaba formado por restos de cerámica triturada, dependiendo en definitiva de la disponibilidad del entorno inmediato.

En cuanto a la tipología constructiva abunda el tapial de cajones superpuestos directamente. Las dimensiones usuales del cajón rondan los 90 x 220 – 250 cm siendo el grosor cercano a los 200 cm. Entre las hiladas a veces se dispone una capa de 2 o 3 cm de mortero rico en cal para hacer solidarias las juntas. Las hiladas de ladrillo también se pueden disponer, pero es menos frecuente. Sin embargo el uso del ladrillo y de la piedra se hace más patente en las torres y pórticos de entrada. En un recinto amurallado los puntos débiles son los ángulos vivos, donde la fábrica de tierra se hace más vulnerable. En su lugar se colocan con cierta frecuencia fábricas de ladrillo, de sillares o mampostería de piedra, de modo que la obra de tapial queda confinada entre encadenados más rígidos. Así mismo en las cúpulas de las cámaras con las que se terminan algunas torres también se utiliza el ladrillo. Los lienzos se suelen construir muy unitarios y homogéneos, sin discontinuidades de materiales.

La muralla urbana de Niebla

Descripción previa

El recinto que se mantiene en pie circunda casi completamente el núcleo poblacional, lo que otorga una cualidad especial a la ciudad, ya que existen pocos casos en los que se conserve la muralla en un estado muy similar al original de ascendencia medieval. Encierra un área aproximada de 16 hectáreas, con un perímetro cercano a los dos kilómetros, en una zona elevada enmarcada por un recodo del río Tinto. La situación urbana de los lienzos es quizás algo menos compleja que en otros casos. El perímetro de la muralla apenas se encuentra invadido por la trama urbana, donde algunas parcelas lindan directamente con los muros. Por el contrario el exterior es prácticamente visitable en toda la longitud de la cerca de la ciudad. El núcleo urbano de intramuros adquiere por sus dimensiones una relevancia tan importante o mayor que los nuevos asentamientos exteriores. Por tanto el papel de la muralla es decisivo en el funcionamiento de la ciudad y debería formar parte íntegra de sus espacios.

La muralla se caracteriza por su homogeneidad constructiva en todo su recorrido. Como es lógico fue construida con materiales del entorno inmediato como la tierra de la vega

del río, que por su alto contenido en óxidos metálicos, adquieren un tono rojizo. La masa está formada por elementos clásicos de la época almohade: tierra, cal, arena, grava gruesa rodada y de machaqueo e incluso restos de cerámica triturada.

Los paños están formados por tapias comunes, en las que los cajones se superponen unos encima de otros, tan sólo con una fina capa de cal entre ellos. Algunas áreas de los lienzos todavía conservan trazos de mortero de cal en las juntas de los cajones, quizás en parte para reforzar las juntas y a la vez simular una fábrica de sillares de piedra. En las torres se disponen encadenados de sillares de piedra en las esquinas confinando cajones de tapia que van alternando en dirección vertical su longitud.

Intervenciones en la muralla

La intervención global en la cerca se dividió en varias fases dado la gran envergadura de la muralla. La finalidad era recuperar la imagen previa, ya entonces muy deteriorada debido a la erosión, pero sin llegar al grado de la reproducción total de un modelo antiguo. Por ello se actuó de manera sistemática en cada tramo restaurando la antigua piel de tierra donde más se necesitaba y en aquellas áreas donde el tapial conservaba un grado aceptable de conservación se dejó como

Figura 1. Sección de nuevo cajón de tapial. Extraído revista El Croquis, nº 14.

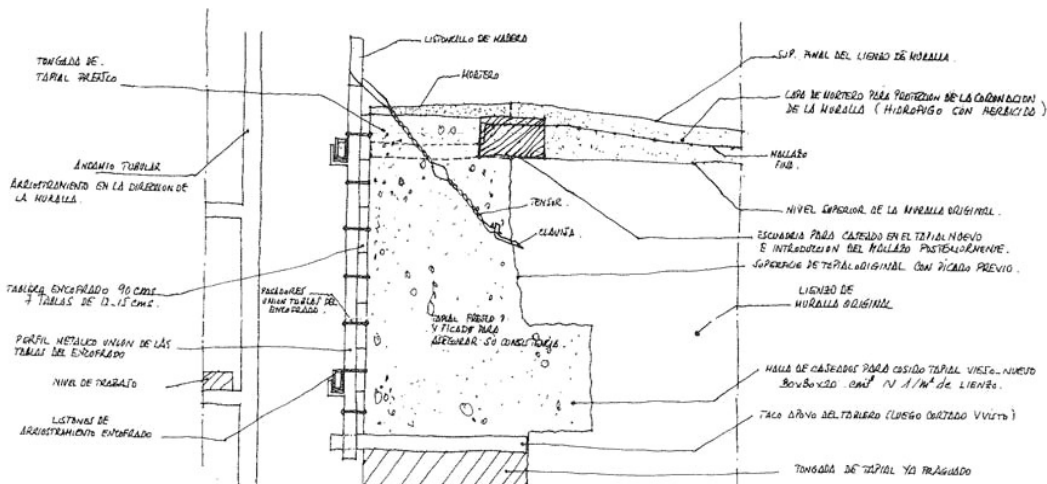




Figura 2. Barras de acero oxidadas y desprendimientos.

muestra del antiguo material. Para recuperar la capa de tapia erosionada se siguió un sistema basado en la antigua técnica del tapial. Conformando un encofrado por medio de tableros, costeros, tirantes y agujas, previo al rebaje del material, se vierte una masa de tierra⁶ (Guarner González 1991) que seguidamente se va apisonando por tongadas hasta completar el volumen del molde. Se intentó que el material de reposición se asemeje al original, pero a la vez marque diferencias entre lo nuevo y antiguo. Se utilizaron tableros de dimensiones similares a las antiguas aunque no exactamente iguales, pues los cajones antiguos tienen casi lo 90 cm de alto, mientras que los nuevos pasan a ser de 80 cm de alto, diferencia que se hace más evidente en las zonas donde existen encadenados de piedra, pues el ritmo de los cajones es distinto al de los enjarges de la piedra. De hecho tal como cita el autor de la intervención (Guarner González 1983) se replantearon los cajones a partir de una altura que a priori podría no coincidir con la original.

El grosor de la nueva capa de material ronda desde los 25 a 150 cms y se quiso asegurar el buen cosido al paramento existente por medio de la propia irregularidad de la superficie erosionada que la muralla presentaba, con multitud de oquedades, y además con la ayuda de cajeados practicados de 30x30x20 cms por cada metros cuadrado, llaves de piedra y patillas⁷. Este sistema se aplica a ambas caras de la muralla, en aquellos puntos que queda exenta. Como protección

superior se dispuso una capa de 10 cm de mortero de cemento armada con una malla de gallinero (figura 1).

En cuanto a las agujas también existen diferencias, ya que para los revestimientos nuevos se utilizaron casi siempre dos agujas por tapiales, con una separación de 100 a 120 cm, que a partir de la primera fase quedaron como testigos de la intervención, y en los tapiales antiguos se colocaban a razón de una cada 50 – 60 cm.

Es importante en este tipo de intervenciones el uso al que se oriente el resultado final. Como punto de partida se planteó que el “uso monumental” era el único posible, pues la misma naturaleza de la muralla no permite la rehabilitación y la instalación de una actividad continua, que como en otros edificios, sirva de mantenimiento posterior a la construcción. No obstante la intervención ha servido para dotar a la ciudad de espacios públicos que antes no poseía, generando así un beneficio tanto para el patrimonio como para el ciudadano que es su usuario.

Situación actual

Una de las premisas fue restaurar sólo lo necesario para poder ofrecer un contraste entre lo nuevo y lo anterior. Sin embargo actualmente existen zonas en las que la masa repuesta fue tan extendida, que resulta difícil entender la lectura histórica de la muralla, reinventando un objeto que quizás no tuviera esa apariencia en su origen, pero si alcanzar las cotas de reinterpretación que del patrimonio realizaba Viollet le Duc⁸.

En cuanto al estado actual de la muralla cabe hacer varias observaciones. Los trabajos realizados, quizás durante la primera fase, han arrojado resultados negativos. Desde el extremo oeste, dirección sur hasta la Puerta del Buey se pueden observar como los tapiales repuestos se están desprendiendo de su base, dejando a la vista el tapial almohade. El origen de esta patología puede ser múltiple, pero a simple vista llama la atención la presencia de unas barras de acero clavadas en la masa de tierra, pudiendo ser con cierta seguridad aquellas que se hacían referencia para el cosido de las distintas fábricas de tierra.

Como se aprecia en la (figura 2) las barras están totalmente oxidadas, por lo que su volu-

merante de la mezcla. Al analizar los ensayos de resistencia a compresión realizados en varios puntos de las murallas se han podido constatar algunas diferencias significativas, pero podrían ser atribuibles a construcciones en diferentes momentos, por lo que la materia prima disponible a pie de obra podría haber variado y por ello sus propiedades.

De Los tramos que mejor se conservan y sobre los que se han realizado intervenciones reseñables, son los que a continuación se exponen: Desde el extremo norte el tramo comprendido desde la Puerta de la Macarena hasta la Puerta de Córdoba es quizás el más representativo por su longitud, estado de conservación y por su monumentalidad dentro de la ciudad. Presenta además la particularidad de tener visible la barbacana. Hacia el este encontramos los restos del Jardín del Valle, con unas características muy similares, pero sin presencia de barbacana. Ya en los Jardines de Murillo, en el callejón del Agua, se sitúa el tramo de la muralla del Yâhwar, que limita el Alcázar y traía las conducciones de agua desde el acueducto de Carmona. Pertenecientes al recinto del Alcázar, en el extremo sur, se sitúan los ligados a la Casa de la Moneda, colindantes con la Torre del Oro, o dentro del propio Alcázar también aparece algún resto, algo más aislado.

Intervenciones en la muralla

Dado el enorme perímetro que abarca la muralla y su aparición de forma discontinua en su trazado, la intervención se fragmentó por zonas, e incluso en alguna de ellas se llegaron a dividir los trabajos en distintas fases o por tramos. Los tramos más representativos donde se actuó en los tapias corresponden a los anteriormente descritos: tramos de la Macarena, Jardines del Valle, Callejón del Agua y Casa de la Moneda. En todos ellos hubo criterios generales similares de actuación, con las lógicas particularidades que el entorno urbano imponga. El criterio general perseguido consistió en la reparación constructiva y estructural, de acuerdo con las prácticas aceptadas en las Cartas del Restauo, por las que toda nueva imposición material debería hacerse diferenciar de lo preexistente (Cabeza Méndez, José María 1993).

El estado previo a las obras de restauración reflejaba las tradicionales lesiones provoca-

das por la erosión y la falta de mantenimiento a lo largo de tantos años. Existían además amplias zonas con colonizaciones de plantas y animales y existencia de manchas y costras de suciedad, líquenes y hongos como resultado de filtraciones de agua, sobre todo desde la cumbre del muro, que aparecía desprotegida. Todo unido a una contaminación urbana creciente, agravando sistemáticamente su estado de conservación, pero sin llegar a correr peligro de derrumbe o de ruina. Las labores en las tapias casi siempre fueron superficiales, pues la estabilidad de los muros prácticamente nunca estuvo en peligro, y se redujeron a tratamientos superficiales de consolidación¹².

El primer paso acometido fue la limpieza de los paramentos de toda la vegetación adherida con medios manuales. Tras eliminar la primera capa de tapia deteriorada, hasta unos 30 cm de profundidad, se preparan así unos cajeados para el relleno con una nueva masa¹³, que se vierte en capas no superiores a 10 cm y se apisonan hasta que el agua de la mezcla aparezca en superficie. Se desconoce la cantidad de agua que se agrega a la mezcla, o si se ha realizado algún tipo de

Figura 4. Interior barbacana.



ensayo para saber la humedad necesaria para dar con la máxima compactación. Los sistemas de encofrado y apeo (figura 3) se realizaron con medios muy sencillos, intentando imitar la primitiva técnica con la que se levantaron las murallas. Se utilizaron tableros de madera de pino, de dimensiones similares a los antiguos cajones, que se apoyaron sobre medias agujas, también de madera y que quedarían perdidas en el paramento.

En el tramo de la Macarena, que es el único que tiene visible el antemuro o barbacana, se realizaron extensos movimientos de tierra para sacar a la luz partes de los lienzos que habían quedado ocultas, mostrando la verdadera dimensión de la muralla. Los muros del interior de la barbacana revelaron un magnífico estado de conservación, quedando casi intactas las capas externa originales de la tapia (figura 4).

Como protección de las zonas de cubiertas de las torres se dispusieron solerías cerámicas de dimensiones 14x28 cm, dándoles pendientes hacia el exterior y aprovechando los antiguos sumideros para evacuar las aguas

de lluvia. Sin embargo en los paseos de liza, no se conoce terminación alguna que proteja estas zonas tan susceptibles de ser erosionadas por la acción del agua.

A raíz del inicio de la tercera fase de la restauración de las murallas de la Macarena¹⁴, los trabajos se plantearon con una sistemática muy similar, pero con ciertos matices, que todavía no se han llegado a aplicar. Según el proyecto de ejecución de las obras de restauración se plantean los siguientes puntos novedosos, en cuanto a la conservación:

- Tratamiento antiherbicida y fungicida en profundidad, para la destrucción y prevención de vegetación, algas y microorganismos en coronación de muros, comprendiendo la aplicación por frotación de una solución diluida de amoníaco al 3-5%, limpieza y solución acuosa de silicofluoruro de zinc al 1-2%, repetición del tratamiento a la semana, protección impermeable de acetato de vinilo, previa limpieza previa de la zona.
- Tratamiento de limpieza del tapial, en buen estado de conservación, comprendiendo la limpieza de contaminantes grasos con agua, alcohol etílico y

Figura 5. Interior de la muralla de la Alcazaba Vieja.



amoniaco, aplicado con cepillos de cerdas suaves. Limpieza del guano con carbonato amónico carboximetilcelulosa, posterior lavado con agua, alcohol etílico y amoniaco, secado artificial por evaporación, incluso limpieza en profundidad de las fisuras con alcohol etílico y amoniaco. En casos muy similares se han utilizado medios más sencillos consistentes en una pulverización de hipoclorito de sodio (lejía), diluida al 10% en agua (Mesbah et al. 2000).

- Tratamiento endurecedor de los paramentos de tapial en profundidad con una disolución de resinas acrílicas de bajo peso molecular en hidrocarburos o bien con un mineralizante, penetrando en el paramento y compactando las partículas sueltas o degradadas, aumentando así la dureza y la resistencia a la abrasión de la superficie.

El hecho de que muchos tramos de la muralla sean colindantes con viales de tráfico, ha hecho que se le adosen acerados a la tapia, originando los mismos problemas que se notaban en la muralla de Niebla en lo referente a las humedades de capilaridad. Todos los tapiales que en su momento se repusieron se están viendo erosionados nuevamente por la doble acción de la humedad de capilaridad, por el establecimiento del acerado y por la acción mecánica de la circulación peatonal. Estas patologías son de menor envergadura en los paños que se orientan hacia los espacios urbanos, donde las zonas ajardinadas lindan con la muralla.

Salvo la erosión de las capas externas, los tratamientos aplicados a la muralla no han resultado muy negativos. A simple vista parece que la adherencia de las nuevas tapias es buena, pues no aparecen síntomas de desprendimientos de grandes bloques, más allá de restos de la propia erosión. Este último problema podría tener solución mediante un conveniente programa de conservación o mantenimiento.

A parte queda el hecho de que no existe constancia de aplicación alguna en anteriores restauraciones de agentes químicos destinados a la consolidación de las tapias almohades. Algunas aplicaciones de sustancias artificiales no arrojan buenos resultados pues crean películas que protegen pero no son compatibles con el material de base, además de no ser muy duraderas. Existen varios

aspectos básicos que cualquier tratamiento debería cumplir (Viñuales 1970):

- Similar coeficiente de dilatación.
- Debe tener buena penetración en la masa.
- Mantener las características físicas-químicas (porosidad, resistencia al vapor de agua, aspectos) y estéticas (color, textura) del material original.

La muralla urbana de Granada

Descripción previa

Las primeras murallas musulmanas de Granada datan del S. VIII, pero las que mejor se conservan son posteriores (a partir del S. XI). El primer recinto se construyó en el entorno del Albaicín, como una fortaleza para las tropas árabes junto a la llamada alcazaba Vieja. Posteriormente, entre los siglos XII y XIII se levanta otro arco de muralla que une la ya citada con la nueva residencia de los gobernantes musulmanes, la Alhambra. Ya en la etapa final del reino Nazarí, ante la presión de los reinos cristianos, se construyen las murallas exteriores, para proteger los nuevos arrabales que se habían ido generando.

Figura 6. Restauración de la muralla nazarí del Albaicín.



Actualmente se conserva parte de la muralla de la Alcazaba, que es la más antigua. Está construida básicamente con tapial, concretamente es un tipo llamado tapia real¹⁵. La otra cerca importante está realizada mediante un tapial calicastro sobre un cimientado de hormigón de cal y forma un arco del que quedan en pie unos 1.475 metros adaptándose a una fuerte pendiente.

A parte han llegado hasta nuestros días restos dispersos de muralla dentro del caserío y las puertas de entrada a la ciudad musulmana.

Intervenciones en la muralla

Hasta no hace muchos años, el recinto amurallado de Granada adolecía enormemente la falta de intervenciones importantes, lo que había derivado en una degradación progresiva fatal, ofreciendo un pésimo aspecto como bien patrimonial que está considerado. Únicamente hacia el año 1990 se tiene constancia de algunas intervenciones someras (Castelló Nicás 1996).

A diferencia de intervenciones en otras localizaciones, las llevadas a cabo en las murallas consistían básicamente en la reposición de un mortero de cal, en el que se realizaron perforaciones para simular los huecos que hubieran dejado hipotéticas agujas y apeos del tapial. Tal es el caso de la Puerta de Monaita en la muralla de la Alcazaba. También en la misma muralla (figura 5) se aplicaron morteros de cemento pigmentados, manteniendo la textura de la tapia y las huellas de las agujas.

Figura 7. Muralla de las Verónicas. Murcia.



Revocos muy finos se utilizaron en el tramo de muralla exterior ó Cerca de Don Gonzalo (Valverde Espinosa, Gallego Roca, Francisco Javier & López Osorio, José Manuel 1992). No se conocen hasta este momento aplicaciones de otras técnicas diferentes.

Sin embargo, a partir de recientes investigaciones llevadas a cabo en el seno del Departamento de Construcciones Arquitectónicas de la Universidad de Granada (Valverde Espinosa, Valverde Palacios & Fuentes García, Raquel María 2004), están sacando a la luz un novedoso sistema que tendrá aplicación para la reparación de muros de tapial. Consiste básicamente en la proyección de tierra mediante un sistema de gunitado ya conocido¹⁶. Para la técnica se usa una mezcla de tierra del lugar, previamente seleccionada, distintas concentraciones de cal o de cemento (4 – 12%) y una humedad en principio del 6 %. Con este método se ha aplicado tierra sobre algunos paramentos de la muralla de la Alhambra, en concreto en el Generalife, obteniendo resultados satisfactorios en cuanto a la adherencia, textura y tonalidad en comparación con los tapias antiguos, pero todavía con escollos técnicos a superar respecto a la densidad y resistencia de la mezcla.

Aunque fuera del ámbito de la restauración y conservación cabe destacar la intervención patrimonial llevada a cabo por Jiménez Torrecilla en las murallas nazaríes del Albaicín (Figura 6). Se recrea un nuevo tramo de muralla desaparecida, pero sin el uso de la técnica tradicional del tapial. Simula el supuesto volumen de la muralla con el uso de pequeños bloques de piedra apilados, generando un espacio de circulación interior. Puede servir de ejemplo de cómo una intervención patrimonial bien entendida, debe verse no sólo desde el aspecto de la conservación y la restauración, sino que deben ponerse en juego otros valores intrínsecos al bien que ayuden a su propia comprensión y lo coloquen como objeto de uso por la sociedad.

Otras intervenciones

A continuación se presentan brevemente varios ejemplos en los que se destacarán aspectos singulares.

Castillo de Monteagudo (Monteagudo, Murcia).

Fue originalmente una fortaleza almohade del siglo XII, que fue tomada por Fernando III el Santo en 1245. Se sitúa en una pronunciada loma, organizándose en tres niveles. La fortaleza es de difícil acceso por lo que las obras de restauración presentan importantes complicaciones técnicas. Como solución se optó por proyectar¹⁷ una masa de hormigón de cal estabilizado con cemento blanco en una proporción del 5%.

Murallas de Verónicas (Murcia), (López Martínez, Francisco Javier 1999)

Es un tramo de la muralla urbana de Murcia, que se encuentra en parte dentro de la iglesia del Convento de las Verónicas. La obra es data del periodo almohade y estuvo realizada con tapial calicastrado con endenados¹⁸. Como la erosión había provocado una pérdida de gran parte de la masa de tierra, se decidió reconstruir un nuevo muro de tapial calicastrado hasta recuperar el espesor original (Figura 7). Las agujas que se utilizaron para la confección de la obra se dejaron vistas, para que sirvieran de testigo de la intervención y como ejemplo didáctico y descriptivo del tipo de técnica. Esta solución en parte puede ser correcta, pero como acertadamente observa el propio autor es probable que sea el origen de futuras patologías, sobre todo al quedar libres los huecos que ocupan las agujas. Son puntos débiles por donde el agua y otros agentes (fauna y flora) debilitan la tapia e inician el proceso erosivo (Martín

García 2005). Originalmente los mechinales producidos por los apeos de los andamios y agujas se tapaban directamente con mortero de cal y en caso de ser excesivamente grandes, se disponían previamente ladrillos o adobes para que la capa de mortero pudiera tener agarre.

Es también interesante el hecho de que se realizaron en los tapias unas muescas donde encajaban las agujas previamente empotradas en la tapia. De esta manera el sistema constructivo se agilizaba, pues ya no es necesario ejecutar un cajado para dicha agujas y la colocación de los encofrados corridos es más eficaz.

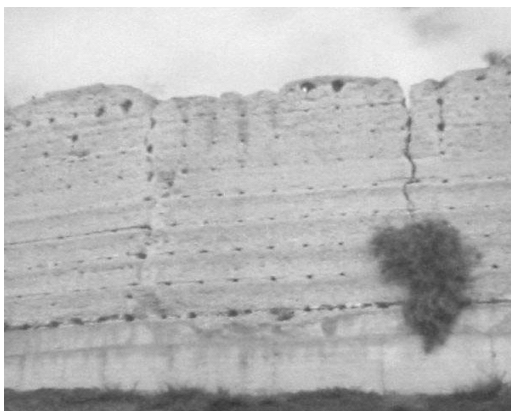
Murallas de Cáceres. (Mata Cascos)

La ciudad de Cáceres fue fundada hacia el 34-36 a.C. por el imperio romano, pero no fue hasta los siglos III y IV d. C. cuando se fortificó. Los restos apenas se conservan, pues la cerca que hoy se contempla es de origen almohade de los siglos XII-XIII. Está construida sobre una base de mampostería y sillares romanos sobre los que se levantan unos muros de tapia con abundante proporción de cal y áridos gruesos. Algunas torres están realizadas con encadenados de piedra en sus esquinas. El mayor de los problemas en este caso es la fagocitación que ha sufrido el trazado de la cerca, quedando casi completamente oculto dentro del caserío. Ha esto se le unió una serie de malas intervenciones anteriores, que en el mejor de los casos corregía las erosiones superficiales con morteros de cal. Sin embargo cuando se estaba en presencia de grandes pérdidas de masa se optaba por el refuerzo exterior de mampostería de piedra o incluso la demolición y reconstrucción en piedra.

Actualmente son más sensibles los nuevos criterios. Se demuelen sólo aquellos elementos extraños y se procede a la consolidación y reconstrucción de la tapia. En algunos puntos, dada la desvirtuación de la muralla por la proximidad del caserío, se opta por reconstruir unas nuevas hiladas completas de tapia¹⁹. En los casos donde las lesiones por erosión eran graves se procedió al picado y cajado de la zona y tras un secado y limpieza se rellenó el hueco con capas sucesivas de mortero cal, cemento y arena (3:1:6), garantizando el anclaje mediante a unas llaves de esparto²⁰.

Cuando la fisuras eran de poca entidad se

Figura 8. Estado previo. Lienzo del Castillo de Lebrija.



limpiaban y perfilaban y rellenándose mediante una inyección de mortero con adiciones fluidificantes.

*Murallas del Castillo de Lebrija (Lebrija, Sevilla)*²¹.

Las escasas ruinas que aparecen son de procedencia Almohade, aunque existen vestigios de ocupación ya desde la Edad de Bronce. Primera referencia documental de fortaleza es del S. IX, pero sin evidencia física. A partir de época almohade se construye recinto amurallado. En el siglo XIII se levanta el Castillo y en siglo XIV la Ermita en su interior. Tras conquista de Granada el Castillo pierde importancia y entra en un proceso de degradación. Durante el periodo de ocupación francesa se derriban muchos tramos de muralla. Ante la eminente ruina en 1989 se inician obras de estabilidad, en las que las dos primeras hiladas de tapial fueron en parte sustituidas por cajones de hormigón armado.

En el año 2006 se proyectan las soluciones para consolidar el lienzo 1 (figura 8) de la muralla. El tramo tiene uno 20 metros lineales. Se constituye por un tapial de cascotes con un bajo contenido de cal. Los cajones se encuentran separados en la parte inferior por una verdugada de ladrillo y la superior por una lechada de mortero de cal. Se encuentra en un avanzado estado de deterioro, acusando humedades por filtración (debido a que la cota del terreno en el interior es muy superior a la del exterior), grietas y fisuras originadas por la inestabilidad del conjunto y todo intensificado por la acción erosiva del agua y otros agentes (anidación de aves).

Ante este panorama se proyectan medidas que pasan por aplicar sustancias artificiales en la masa y superficie de la tapia. Para la consolidación se utiliza un compuesto comercial llamado Estel 1000²² que se absorbe progresivamente. Los embolsamientos se corrigen mediante inyecciones de una resina epoxi junto con la colocación de varillas de fibra de vidrio (de 1 cm de diámetro y 50 cm de largo) dentro de unos taladros previamente ejecutados. El tratamiento de pequeñas fisuras se soluciona realizando una limpieza y aplicando resinas epoxi. Para las grietas de

pequeña entidad (<5cm), se procede de manera similar suplementando con grapas o pletinas metálicas. Cuando las grietas son estructurales se estabilizan en primer lugar. Seguidamente se realiza la limpieza y formación de rozas de dimensiones variables en función de la abertura de la grieta. Colocación en rozas de llaves de diam 16mm de acero AEH-500S o UPN, bañadas en resina epoxi líquida y arena. Colocación del mortero de cal en roza, previa impregnación de látex de las paredes de la roza. La grieta se rellenará de mortero de cal y arena.

Así mismo se aplican tratamientos biocidas (Biotín de CTS), hidrofugantes (Estel 1100 de CTS) y desalinización de los paramentos del tapial. A todas luces parece que se han aplicado métodos de restauración usuales en intervenciones en fábricas de piedra, sin tener mucho en cuenta la propia naturaleza de la tapia es muy diferente. Habría que analizar los resultados para valorar la idoneidad de las técnicas elegidas.

Conclusión

Como se ha podido observar las consideraciones a la hora de afrontar una obra de intervención para este tipo de patrimonio presenta en primer lugar enfoques de partida muy diferentes y arroja resultados a veces satisfactorios, pero con la misma problemática patológica: la inexistencia de un programa serio de mantenimiento y evaluación continua del estado físico de conservación y de la relación con el entorno urbano. Como ya se comentó con anterioridad, esta problemática es intrínseca a las fortificaciones, castillos o murallas, en gran parte por ser estructuras que han perdido su funcionalidad y muchas veces no terminan de encajar dentro de un entendimiento global de intervención, que no se limite tan sólo al hecho de la conservación y restauración, sino que por el contrario asigne usos y entienda la obra como bien patrimonial y social. Así obras que acoten sus actuaciones sólo hacia la reparación están abocadas al fracaso, pues la falta de un uso social es a veces el origen de la mayoría de las patologías que arruinan nuestro patrimonio.

Bibliografía

CABEZA MÉNDEZ, JOSÉ MARÍA 1993, "Restauración de la murallas de Sevilla", *Arquitectura y ciudad II y III : seminarios celebrados en Melilla, los días 25, 26 y 27 de septiembre de 1990 y los días 24, 25 y 26 de septiembre de 1991* Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, Madrid, pp. 341.

CASTELLÓ NICÁS, M. 1996, "Las murallas del Albayzín: su regulación desde el planeamiento urbanístico.", *La ciudad y su murallas. Conservación y Restauración. Ponencias del Curso de restauración arquitectónica. Baeza 16-19 agosto 1994* Universidad de Granada, Granada, pp. 89-100.

GRACIANI GARCÍA, A. & TABALES RODRÍGUEZ, MIGUEL ÁNGEL 2003, "Typological Observations on Tapia Walls in the Area of Seville", *Proceedings of the First International Congress on Construction History : Madrid, 20th-24th January 2003 / edited by Santiago Huerta* Instituto Juan de Herrera, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Madrid, pp. 1093.

GUARNER GONZÁLEZ, I. 1991, "Muralla de Niebla, Huelva", *Jornadas sobre restauración y conservación de monumentos: Madrid 24 y 25 de abril de 1989* Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, Madrid, pp. 143.

GUARNER GONZÁLEZ, I. 1983, *La restauración de la muralla de Niebla*, El Croquis, Madrid.

LÓPEZ MARTINEZ, FRANCISCO JAVIER 1999, *Tapias y tapias*, Universidad Politécnica de Valencia: Servicio de Publicaciones, Valencia.

MARTÍN GARCÍA, M. 2005, "La construcción del tapial en época nazarí: el caso de la muralla exterior del Albaicín de Granada", *Actas del cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Cádiz 27-29 de enero de 2005 / edición a cargo de Santiago Huerta* Instituto Juan de Herrera, Madrid, pp. 741.

MATA CASCOS, M. "Intervenciones en las murallas de Cáceres", *La ciudad y sus murallas : conservación y restauración : ponencias presentadas en el Curso de Restauración Arquitectónica. Baeza 16-19 de agosto 1994*. Universidad de Granada, Granada, pp. 260-279.

MESBAH, A., MOREL, J.C., GENTILLEAU, J.M. & OLIVIER, M. 2000, "Solutions techniques pour la restauration des remparts de Taroudannt (Maroc)", *Terra 2000 : 8th International Conference on the study and conservation of earthen architecture : Torquay, Devon, UK, May 2000* James & James, Londres, pp. 266.

VALOR, M. & ET ALLI 2004, *Los almohades : su patrimonio arquitectónico y arqueológico en el sur de Al-Andalus / [coordinan, Magdalena Valor Piechotta, José Luis Villar Iglesias, José Ramírez del Río]*, Consejería de Relaciones Institucionales Junta de Andalucía, Sevilla.

VALVERDE ESPINOSA, I., GALLEGO ROCA, FRANCISCO JAVIER & LÓPEZ OSORIO, JOSÉ MANUEL 1992, "Arquitectura de tierra en el Albaycín de Granada", *I Congreso Internacional Rehabilitación del Patrimonio Arquitectónico y Edificación* Caja General de Ahorros de Canarias, Santa Cruz de Tenerife, pp. 204.

VALVERDE ESPINOSA, I., VALVERDE PALACIOS, I. & FUENTES GARCÍA, RAQUEL MARÍA 2004, "Adecuación de la tierra para ser puesta en obra mediante la técnica de proyección. Tierra proyectada", *VII Congreso Internacional de Rehabilitación del Patrimonio Arquitectónico y Edificación* Centro Internacional para la Conservación del Patrimonio (Cicop), , pp. 132.

VIÑUALES, G.M. 1970, *Restauración de arquitecturas de tierra*, Instituto Argentino de Investigaciones de Historia de la Arquitectura y del Urbanismo, Tucumán.

Junta de Andalucía otorgó un reconocimiento especial a los castillos de la Comunidad Autónoma de Andalucía. A parte quedan las propias fortificaciones declaradas BIC.

2 Se toman las tierras del entorno, previa selección de las mismas y en muchas ocasiones se reaprovechan antiguas estructuras, sobre las que se vuelve a edificar.

Notas al pie

¹ Por el Decreto de protección de los castillos española de 22 de Abril de 1949 se establece que: "Todos los castillos de España, cualquiera que sea su estado de ruina, quedan bajo la protección del Estado, que impedirá toda intervención que altere su carácter o pueda provocar su derrumbamiento". A nivel más genérico la Ley 16/1985 sobre el Patrimonio Histórico Español. En el año 1993 la

³ En la técnica tradicional las agujas miden algo más que el muro, de forma que sirven de apoyo directo para los tableros y para los costales. Las agujas utilizadas durante este periodo estaban realizadas por piezas de madera.

⁴ Codales: Piezas horizontales sometidas a compresión y dispuestas entre los costeros o costales para mantener la separación entre las tapias. Tensores: cordeles atirantados atados a los costeros que comprimen a los codales.

⁵ La frontera es el tablero que se coloca entre los dos tapias y tiene el mismo ancho del muro que se levanta. Limita el cajón de tapia por los extremos.

⁶ La composición aproximada de la masa es:

- Tierra del lugar con arena de río.....5/11 partes
- Garbancillo diam. máx. 20mm.....11 ó 4/11 partes
- Cal apagada.....2/11 ó 1/11 partes
- Cemento P-350.....1/11 partes

El agua se ha ido añadiendo antes y después de la cal y del garbancillo hasta un estado húmedo.

⁷ Tal como se cita por el autor (Guarner González 1983) se usan patillas, pero no se especifica que tipo y como. Con la visita in situ se pudo constatar que posiblemente se tratasen de barras de acero dobladas.

⁸ Vease por ejemplo la restauración que de las murallas de Carcassone. El autor recupera un supuesto estado original llevando la reconstrucción hasta las últimas consecuencias, recreando el mínimo detalle. La intervención en Niebla se podría situar en un punto intermedio entre esta postura y las opuestas abanderadas por Camilo Boito, que tienden más a la conservación que a la restauración original.

⁹ Para poder realizar un juicio de valor sería necesario analizar un análisis químico y físico a las muestras: analizando componentes y granulometrías.

¹⁰ Aunque en algunos casos estos espacios se hayan convertido en residuales, con el consecuente deterioro por la falta de uso y mantenimiento.

¹¹ Prácticamente el único ejemplo con encadenados de piedra se pueda encontrar en la Torre del Oro, que es además de origen posterior a muchos tramos de la muralla.

¹² Nos referimos al hecho de que no se derribaron y reconstruyeron tapias nuevas. Como mucho las labores llegaron a interferir en las capas superficiales de la tapia.

¹³ La composición aproximada de la masa es:

- Material del derribo, triturado.....1/17 partes
- Cal aérea grasa.....4/17 partes
- Arena de río.....5/17 partes
- Grava T_{min} 25mm.....7/17 partes

¹⁴ Los trabajos se iniciaron en febrero de 2007.

¹⁵ Para la tapia real los cajones se van rellenando con una sucesión de capas de tierra alternadas con otras de lechada de mortero rico en cal (Valverde Espinosa, Gallego Roca, Francisco Javier & López Osorio, José Manuel 1992). Sin embargo otros autores la definen como una mezcla de cal en el mismo seno de la tierra (López Martínez, Francisco Javier 1999).

¹⁶ Se ha desarrollado sistemas parecidos como el PISE (Pneumatically Impacted Stabilized Earth), ideado por David Easton en California, pero orientados hacia la construcción de nueva planta y usando mezclas con más contenido en cemento proyectadas sobre encofrados con mallas de acero en su interior a modo de armadura para el muro.

¹⁷ El autor no describe como se realizó la proyección del material, si fue con medios manuales o mecánicos.

¹⁸ Los encadenados son refuerzos formados por columnas de piedra, mampostería o ladrillo, del mismo espesor del muro, entre las que se levanta la obra de tapial. Normalmente se denominan de mayor y menor por que presentan salientes o entrantes alternados que sirven de enjargos para que toda la obra sea solidaria.

¹⁹ Se utilizaron encofrados de madera de pino y agujas de acero. La masa se componía de:

- Cal.....3/10 partes
- Cemento.....1/10 partes
- Arena de molino.....3/10 partes
- Gravilla.....3/10 partes

²⁰ Esta solución parece más acertada que las llevadas a cabo por medio de varillas de acero (ver murallas de Niebla) e incluso otras no citadas de acero inoxidable.

²¹ Datos obtenidos del proyecto de Consolidación y Restauración del lienzo 1 de la Muralla del Castillo, consultado en los archivos de la Delegación de Cultura de Sevilla.

²² Estel 1000 está comercializado por la casa especializada en restauración CTS. Es una base de silicato de etilo en solución en white spirit D40. Estel 1000 es particularmente indicado para el tratamiento consolidante y pre-consolidante de materiales pétreos de naturaleza silícea, ladrillo e intonacos degradados.