

SEPTIEMBRE 2013



INTERVENCIONES EN TAPIA EN EL S.XXI

Ignacio Fernández Fernández



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR
ENGINYERIA
D'EDIFICACIÓ

INDICE

- **Introducción a la Tapia, Tipologías de Muros de Tapia.....3**
 - **Introducción a la Tapia.**
 - **Aproximación histórica.**
 - **Elementos de un muro de Tapia.**
 - **Tipologías de muro de Tapia.**
 - **Problemáticas del muro de Tapia.**

- **Intervenciones en muros de tapia en la actualidad. Variaciones Actuales.....28**
 - **Tierras.**
 - **Elementos estabilizadores de las tierras.**
 - **Medios Técnicos Auxiliares.**
 - **Muros de Tapia Prefabricados.**

- **Experiencia Práctica.....40**
 - **Memoria histórica Constructiva**
 - **Descripción Arquitectónica Formal del Castillo de Oropesa.**
 - **Actuaciones en el Muro que separa la Sala Medieval del Aljibe.**
 - **Estudio Inicial**
 - **Estudios previos: Arqueología**
 - **Propuestas de intervención. Resultados Obtenidos**
 - **Actuaciones en Torre Sudoeste.**
 - **Estudio Inicial**
 - **Estudios previos: Arqueología**
 - **Propuestas de intervención. Resultados Obtenidos**
 - **Consolidaciones en la torre Norte**
 - **Resultados Obtenidos.**
 - **Ensayos de laboratorio.**

- **Conclusiones.....106**
 - **Resultado económico de los muros de tapia en la actualidad.**
 - **Características de los muros de tapia.**
 - **Acabados de los Muros de Tapia.**
 - **Valoración de la consecución del mantenimiento del valor del Patrimonio arquitectónico en la Restauración realizada.**

- **Bibliografía.....122**



1. INTRODUCCIÓN A LA TAPIA, TIPOLOGÍAS DE MUROS DE TAPIA.

1. INTRODUCCIÓN A LA TAPIA, TIPOLOGÍAS DE MUROS DE TAPIA

1.1. TERMINOLOGÍA DE LOS MUROS DE TAPIA

Hay que diferenciar la palabra tapia de tapial. Según el diccionario de la Real Academia de la lengua:

Se define **Tapia** como: “Cada uno de los trozos de pared que de una sola vez se hacen con tierra amasada y apisonada en una horma”

Se define la **Tapial** como “Molde de dos tableros paralelos en que se forman las tapias”

1.2. APROXIMACIÓN HISTÓRICA

La bibliografía conocida y disponible sobre la tapia es tan escasa como dispersa. La época y el lugar exactos en que se comienza a utilizar el tapial son aún desconocidos aunque casi con toda certeza ocurre en el Neolítico tal cual se evidencia en los restos arqueológicos de las culturas Yangshao y de la Longshan en la región China recorrida por el Huang Ho (Río Amarillo) hace unos 5.000 años. Hace 2.000 años el uso arquitectónico de técnicas basadas en la tierra apisonada o tapial fue común en China, esto se hace notorio en la construcción de murallas (gran parte de la Gran Muralla está realizada con este sistema).

El tapial fue una técnica muy utilizada antiguamente en toda la cuenca del mar Mediterráneo. Se han seguido realizando construcciones mediante la tierra apisonada hasta mediados del S. XX

La posible justificación al uso de la tapia durante tantos siglos y culturas tan diferentes, es que la materia prima está disponible en cualquier zona geográfica, no precisa movimiento de elementos de grandes masas para su construcción, y no se precisa mano de obra muy especializada. Cabe destacar la importancia del apisonado de la tierra, con un buen apisonado aumentará considerablemente la duración de un muro de tierra. Las construcciones de tierra proliferan más en las zonas menos lluviosas, pues como es lógico pensar el agua y el viento son el mayor enemigo de los muros de tierra.

El muro de tierra apisonada se ha empleado a lo largo de la historia en todo tipo de construcciones, Se han recuperado restos de construcciones de viviendas del neolítico, Asentamientos Iberos resueltos con muros de tapia, Villas Romanas resueltas con Tierra apisonada, pero como ya se ha comentado fueron los árabes los grandes impulsores y quienes perfeccionaron el uso de la tapia. En el Sur de Marruecos impresionan las construcciones de Kashbas, Y en la época de l’Al-Andalus aparecen en la península ciudades enteras resueltas con tierra, con sus murallas defensivas resueltas también con tierras apisonadas.

Durante la reconquista, los cristianos continuaron con el uso de la tierra apisonada. El uso de ésta técnica constructiva se extiende tanto en el campo como en la ciudad, tanto para la arquitectura civil como para la arquitectura privada siendo el propietario anónimo un gran impulsor del uso de ésta técnica milenaria hasta mediados del SXX

EL USO DEL TAPIAL EN ESPAÑA:

Entre los edificios más significativos de la cultura hispana se encuentra la Alhambra de Granada.



Imagen 1.1: Vista Parcial de la Alhambra de Granada. Torre construida en Tapia

Otro buen ejemplo de construcción en *tapial* se encuentra en la localidad aragonesa de Daroca, donde muchas de las casas tienen elementos combinados de tapial y adobe o ladrillo; además, en la parte alta de la población se puede visitar el castillo y varias torres, así como la muralla que circunda todo el pueblo, construidos con esta técnica ancestral, aunque se encuentran en mal estado de conservación.



Imagen 1.2: Panorámica del Castillo de Daroca (Zaragoza)

En España la técnica del tapial adquirió especial notoriedad en las actuales comunidades de Castilla y León, Aragón, Cataluña, Comunidad Valenciana, Comunidad de Madrid, Castilla la Mancha y algunas zonas de Andalucía y Extremadura. Los pobladores del norte de África, cuando ocuparon parte de la península ibérica hicieron innumerables construcciones con esta técnica, ejecutando verdaderos monumentos de la arquitectura popular.

1.3. ELEMENTOS DE UN MURO DE TAPIA.

Lo que determina la manera de construir muros de tapia de tierra, es la forma en que se encuentra el material, que sin apenas elaboración se coloca dentro de un tapial para apisonarlo, y al desmontar el encofrado se ha de conseguir que mantenga la forma del molde y deberá enfrentarse con el paso de los años a numerosos agentes externos como son el agua o el viento.

Más adelante además de la tierra se emplean otros materiales como son las cales, las arenas yesos, etc.. aunque éstos materiales no son imprescindibles en la construcción de muros de tapia

1.3.1. LA TIERRA

La tierra es el principal material para la construcción de los muros de tapia, La elección de un tipo de tierra u otra es esencial a la hora de construir un muro de tapia. Existen numerosas discusiones de cual es la tierra más apropiada para la construcción de un muro de tapia, a dichas discusiones hay que añadir los conocimientos aportados por los antiguos tapiadores.

La tierra adecuada para la construcción de los muros de tapial, está situada por debajo de la tierra vegetal y está formada por Arcillas, limos, arenas y en muchas ocasiones también por gravas.

Los componentes de la tierra se pueden clasificar en función de las dimensiones de los granos en:

Piedras:	Partículas entre 63 y 200 mm
Gravas:	Partículas entre 2 y 63 mm
Arenas:	Partículas entre 0.063 mm y 2 mm
Limos:	Partículas entre 0.002 y 0.063 mm
Gravas:	Partículas menores de 0.002 mm

De todos los componentes de la tierra, La arcilla es la principal protagonista, tanto por su cohesión como por su plasticidad.

Si se desea conseguir una tapia bien ejecutada, la tierra deberá contener una cierta cantidad de arcilla que hará de aglomerante y aportará cohesión y plasticidad, dos propiedades necesarias para que después de una buena compactación el muro tenga

un correcto comportamiento mecánico y pueda ofrecer la imprescindible solidez frente a los esfuerzos que se ve sometido

Es muy importante limitar y controlar la cantidad de arcilla, ya que un exceso en la cantidad de arcilla podría provocar grandes problemas posteriores a una buena compactación como pudieran ser retracciones, deformaciones, grietas y fisuras; y por otro lado se producirían excesivas adherencias a los encofrados lo que podría provocar desprendimientos de las capas más superficiales de la tapia al retirar los mismos.

Las arenas y las gravas son los componentes que aportan la resistencia necesaria del material, se caracterizan por su estabilidad volumétrica pero no aporta ninguna cohesión. En ocasiones se hace necesario una corrección granulométrica de las tierras a las que se le añaden gravas. Como ya he mencionado, son las arcillas y los limos los que aportan la cohesión

En cuanto a la elección de un tipo de tierra u otra para la elaboración de un muro de tapia, Muchos autores defienden que la tierra debe ser arcillosa, pegajosa, compacta, escasa de grava y con poca mezcla de arena y piedra; Otros en cambio defienden que la tierra debe ser gravosa pero con una necesaria cantidad de arcilla. Pero todos coinciden que aunque la tierra más cercana no es la mejor, se utiliza igualmente.



Imagen 1.3: Restos de Muro de Tapia de Tierra localizados en El Castillo de Oropesa

Existen varios factores muy a tener en cuenta que condicionan la durabilidad de un muro de tierra:

- Exigencias portantes de los muros
- Condiciones climáticas
- La protección de los muros

1.3.2. LOS ELEMENTOS ESTABILIZADORES

El principal enemigo de los muros de tapia es el agua, lo que obliga a la búsqueda de distintas soluciones para proteger al muro de tapia de la erosión y de las variaciones de volumen que pueda experimentar.

El uso de estabilizadores en los muros de tapia es muy antiguo, ya en Babilonia en el S V a. de C. se empleaba Betún para estabilizar la tierra, y también es de sobra conocido la adición de paja a los muros de Tapia.

Otro elemento estabilizador de las tierras empleadas en la construcción de tapias durante siglos es el uso de la Cal. Se han encontrado restos de cal como elemento estabilizador mezclada con tierra en construcciones musulmanas de S XIV.

Actualmente el proceso de fabricación de la Cal está muy industrializado. Antiguamente la cal se obtenía de una forma muy rudimentaria en unos hornos llamados ollas, construidos aprovechando bancales o desniveles del terreno, el resto del horno se construía de forma cilíndrica conformando un espacio para un montón de piedras calcarías destinadas a convertirse en cal.

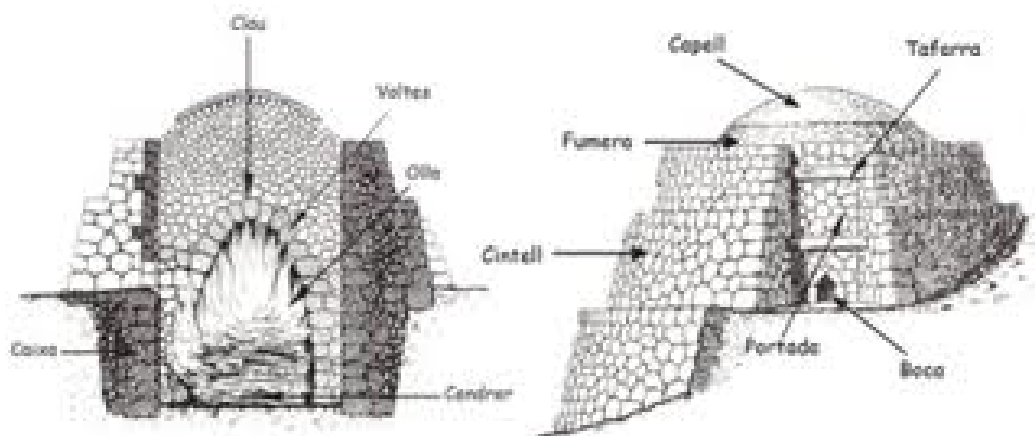


Imagen 1.4: Detalle Antiguo Horno de Cal.



Imagen 1.5: Resto de un Antiguo Horno de Cal Tradicional en Ares.

La cal fabricada entonces se llamaba cal de leña, y tenía una gran plasticidad y un endurecimiento muy lento.

Otro elemento estabilizador para preservar los muros es el cemento. Actualmente la cal y el cemento son los elementos estabilizadores más empleados. Agregados en proporciones adecuadas a la masa de la tierra mejoran la resistencia a la erosión por el agua y aumentan la compresión de la tapia.

Por ejemplo, en la “consolidación de la torre Sudoeste del castillo de Oropesa” , en el hormigón de las costras y en las uniones entre tapiadas se emplean 2 partes de cal por 0,5 partes de cemento blanco, por 5 partes de árido natural rodado de 20 mm y una parte de tierra procedente de la excavaciones arqueológicas realizadas en el propio castillo, mientras que para la estabilización de la tierra se empleo cal aérea en una proporción en volumen de una parte de conglomerante por ocho de tierra.



Imagen 1.6: Tapia Calicostrada ejecutada en La Consolidación de murallas del Castillo de Oropesa

En general, se considera que la cal será más apropiada en la estabilización de tierras con un alto contenido de arcillas, mientras que el cemento funciona mejor en suelos arenosos.

1.3.3. EL TAPIAL

Tapial: “ Molde de dos tableros paralelos en que se forman las tapias”

El elemento tradicional para confeccionar los tapias ha sido siempre la madera. Debe ser una madera dura, resistente, bien seca como puede ser la madera de pino, roble , o la carrasca

Los esfuerzos que deben de soportar los moldes son muy elevados y más aun teniendo en cuenta la compactación mediante pisón llevada a cabo en la construcción de los muros de tapia.

Así pues es necesario una madera gruesa y de calidad, que cuente con importantes elementos rigidizadores que formen un conjunto indeformable.

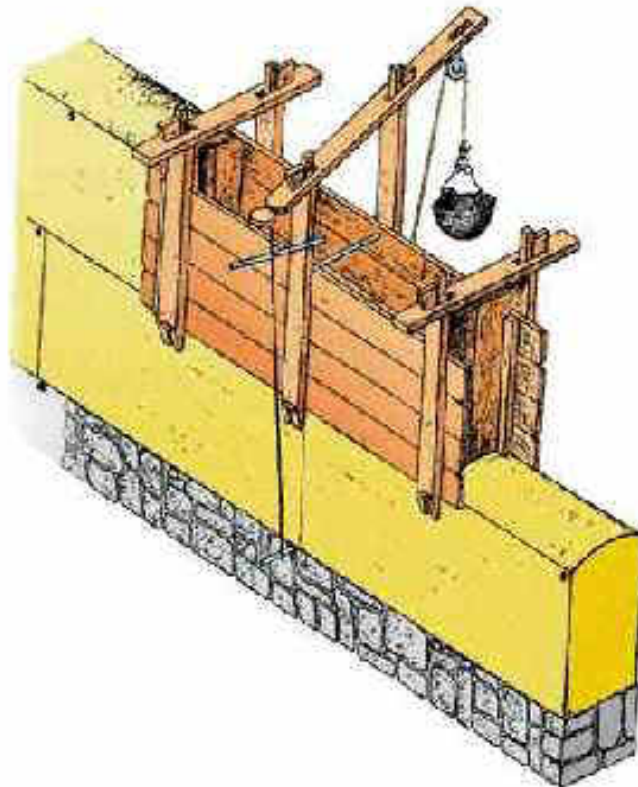


Imagen 1.7.: Tapial Tradicional de la comara d'Els Ports de Castellón

Antiguamente, para la ejecución de los muros de tapia no se empleaban andamios, se trabajaba directamente encima de la propia tapia en construcción, por lo tanto los tapiales debían ser muy manejables y permitir a los tapiadores trabajar lo suficientemente cómodos apisonando desde el interior del tapial.

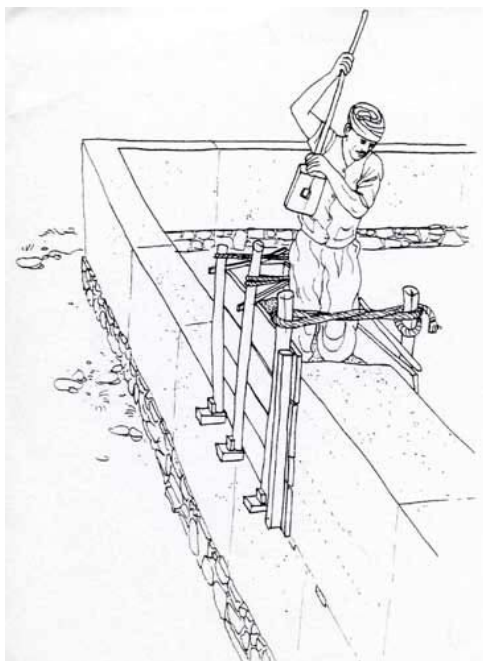


Imagen 1.8: Operario apisonando la tierra sobre la misma tapia que está ejecutando. Sin ayuda de andamios

Se observa que las dimensiones de los restos de tapias hallados son: 198 cm de longitud por 80 cm. de altura; se observan cejas cada 19 o 21 cm. que se corresponden con las juntas de los tableros que conforman el tapial.

Debido a la variación de volumen de la madera al humedecerse, hay que tener en cuenta que al colocar los tableros que conforman el tapial, deben dejarse entre ellos una juntas de unos milímetros que dejan un acabado peculiar en la tapia que son unas cejas horizontales.

Hay que tener en cuenta que para reconstruir los 151 m² de tapia en la Torre Sudoeste del Castillo de Oropesa, donde las tapias halladas y estudiadas eran de 1,80 x 80 cm, se han tenido que ejecutar 104 tapias de 1,80 x 80 cm. En el mayoría de los casos ha sido necesario el montaje del tapial a dos caras, y en ocasiones incluso a tres caras, por lo que se dispuso de 5 juegos de tapial a dos caras exactamente iguales con juntas entre la madera cada 19-21 cm. para la reproducción de las cejas, como en los restos de tapia hallados en dicho castillo.



Imagen 1.9: Reconstrucción de muro de Tapia en el Ciudad Amurallada de Mascarell

Para evitar la posible deformación de los muros de tapia al desmontar los tapiales, es recomendable esperar a desmontar los tapiales al día siguiente de su ejecución

ELEMENTOS DEL TAPIAL:

LAS TAPIALERAS.

Formadas por 4 tablones de unos 20 cms de altura y 2,5 cms de grueso, llegando hasta los 2,2m de longitud. Los tablones estaban separados por unas cejas de unos 2-3 mm que hacían de junta de dilatación. Estas cejas se reproducían en los paramentos de la tapia. Los 4 tablones eran abrazados-sustentados en sentido transversal por un poste gordo de madera denominado Costero o Travesaño.

Las tapiaderas, tenían escotes en los bordes y agujeros en el centro para facilitar el traslado por parte de los tapiadores.

Los tapiales son reversibles, lo cual era muy útil si se tiene en cuenta las deformaciones que sufre la madera con la humedad. Por otro lado, se consigue de este modo alargar la durabilidad de los tapiales

LA FRONTERA O TABLÓN DE CABECERA

Esta pieza daba la anchura de la tapia a ejecutar y que normalmente era de 45 cm. Se colocaba en los extremos del tapial. Estaba compuesto por tableros del mismo grosor que los tapiales, unidos por el canto y colocados horizontalmente y verticalmente. La parte superior de esta tabla se unía mediante una pieza de madera de mayor longitud que ayudaba su fijación y a su manipulación. Generalmente se empleaba únicamente en uno de los lados del tapial, ya que los tapiales se ejecutaban a continuación de una tapiadera ya ejecutada

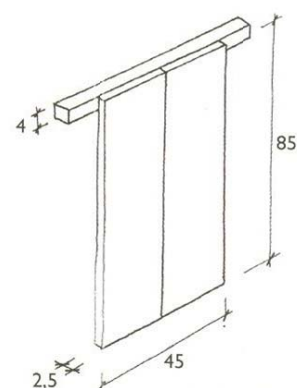


Imagen 1.10: tablón de cabecera

LOS BASTONES

Los bastones eran unas piezas de madera de forma troncocónica de una sección superior a la de las agujas que ayudaban a mantener constante la sección de los tapiales durante todo el proceso constructivo.

Antes de completar la tapia se alojaban los bastones en la masa de tierra para después retirarlos y colocar la agujas para hacer la tapia superior

Los bastones solían embadurnarse con grasa animal o cualquier otro producto que facilitara su retirada

LAS AGUJAS

En un principio, las agujas eran de madera, a partir de los años 20 de siglo pasado se empezaron a emplear agujas de hierro, éstas ofrecían mayor resistencia y durabilidad.

La sección de las agujas solía ser circular de 2 cm. de diámetro o cuadrada de 2 cm. de arista. En nuestro caso las agujas encontradas en el Castillo de Oropesa son rectangulares de 8 x 3 cm.



Imagen 1.11: Agujas recuperadas en el Castillo de Oropesa

Sobre las agujas descansaban las tapiaderas y se encajaban los costeros o traveseros, así el conjunto quedaba perfectamente fijado por las partes inferiores.

Cuando se trataba de realizar la 1ª hilada del muro, las agujas debían colocarse directamente sobre la superficie del zócalo donde debía practicarse una ranura en toda su longitud para colocar la aguja. En las tongadas superiores, las agujas se alojaban dentro de los huecos dejados al retirar los bastones.

Las agujas solían embadurnarse con grasa animal o cualquier otro producto que facilitase su retirada.

LOS COSTEROS O TRAVESEROS

Piezas de madera de sección rectangular de 5 x 10 cm que se encajaban sobre las agujas en el escote practicado en su extremo inferior, mientras que en parte superior tenían un tetón que pasaban por un agujero practicado en el yugo.

Los costeros o traveseros abrazaban toda la altura de los tapiales, mantenían la distancia entre ellos y rigidizaban el conjunto.

Se empleaban 6 traveseros en cada tapial, cuatro idénticos de 1,25 m. de altura que se colocaban en los extremos de los tapiales, y dos de longitud ligeramente superior en la parte central que recibían el yugo y llevaban la corriola o polea.

LOS YUGOS

Piezas de madera, normalmente de sección rectangular de 5 x 10 cms, sujetan los traveseros en su parte superior a modo de tirantes. Tienen unos agujeros en los extremos donde se introducen los tetones de los traveseros para que el conjunto quede suficientemente rígido.

En algunos lugares los yugos podían sustituirse por cuerdas, aunque existen constancias de que éstas podían ceder durante el apisonado de las tierras

Para unir los 6 traveseros mencionados anteriormente se hacen necesario tres yugos, El yugo central era de mayor dimensión, ya que se montaba inclinado y sobre el se montaba la polea que ayudaba a subir los materiales.

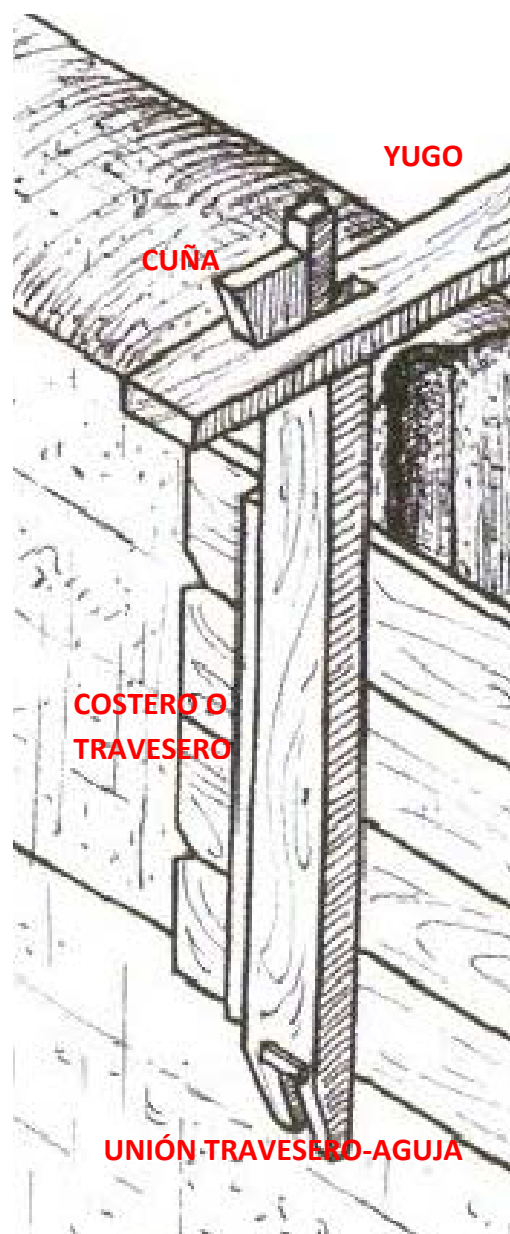


Imagen 1.12: Elementos del Tapial

LAS CUÑAS

Piezas para asegurar la unión de los traveseros y los yugos. Tienen forma trapezoidal y 2,5 cm. de espesor, se introducen en los agujeros de los yugos.

LOS PISONES O MAZOS

Instrumento clave en los muros de tierra; Existen una gran variedad de pisones, dependiendo de las distintas zonas geográficas:

Los pisones empleados antiguamente en la comarca dels Ports, estaban formados por dos piezas, el mango solía ser en madera de almez de sección circular con una longitud de 1 a 1,5 m y 3 cms. de diámetro, la cabeza solía ser en una madera más dura como la carrasca o el roble que es una pieza cilíndrica de 11-15 cms de diámetro y de 15-20 cms. de altura.

En los pisones empleados en la provincia de Albacete la cabeza tenía forma troncopiramidal reforzada con una pletina de acero.

En Ecuador se empleaban pisones de doble cabeza, una de las cabezas con forma redonda, y la otra de las cabezas con forma cuadrada para facilitar el compactado de las esquinas.

En Marruecos los pisones son de madera con la cabeza en forma cilíndrica o cúbica muy parecidas a los empleados en la comarca dels Ports

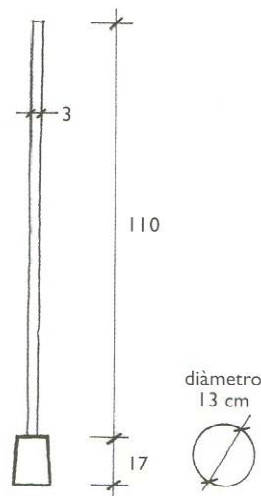


Imagen 1.13:
Pisón de la
Comarca Els Ports

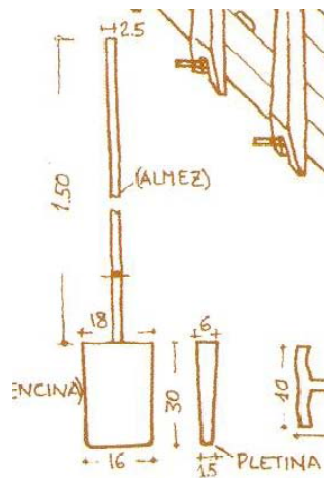


Imagen 1.14:
Pisón de Albacete



Imagen 1.15:
Pisón del Ecuador

En la Monografía bases para el diseño y construcción con tapial del Antiguo Ministerio de Obras públicas y Transportes, desarrollan las características que convienen a un pisón tradicional: De 6 a 12 Kg de peso, cabeza de 12 a 18 cms de altura, ángulo de hasta 120° reforzada con una pletina de hierro y un mango con un diámetro de entre 4-6 cms.

1.4. TIPOLOGÍAS DE MURO DE TAPIA:

1.4.1. TAPIAS SIMPLES

1.4.1.1. TAPIAS SIMPLES DE TIERRA

Es la que está compuesta únicamente por tierra. Es el tipo de tapia más simple y la que requiere menos preparación del material, ya que la tierra se compacta dentro del tapial sin más operación previa que quitar las piedras más gruesas y dotar a la tierra del grado de humedad necesario para conseguir una correcta compactación.



Imagen 1.16: Muro de tapia de tierra

Ésta tapia no tendría en el mayor de los casos ningún revestimiento posterior y por eso la misma tierra compactada habría de hacer frente a las inclemencias atmosféricas. Por tanto la elección de un buen material y la compactación del mismo son fundamentales para asegurar la máxima durabilidad y solidez al muro

Los muros de tierra requieren una buena protección superficial, debido a la fragilidad de las tierras y a las inclemencias atmosféricas, son pocas las construcciones de tapia simple de tierra que se mantienen en pie y a la vista, normalmente éste tipo de tapia suele aparecer ocultas bajo enlucidos con morteros de barro utilizando una tierra arcillosa para mejorar la impermeabilidad.

Otros revestimientos frecuentes eran el revoco o el encalado sobre la propia fábrica

En ocasiones se añadía paja cortada a la tierra húmeda, de esta manera, se evitaba la aparición de fisuras, y se mejoraba la cohesión, sobretodo en zonas donde la tierra era rica en arcilla.

Los muros de tierra se reforzaban en los puntos más vulnerables, en las esquinas y en los huecos de las ventanas, estos refuerzos se resolvían con sillería, con ladrillo o con mampuesto. Cabe mencionar que las cimentaciones, zócalos o machones también eran de éstos materiales. Los dinteles se resolvían con piezas de madera, sobre las que en ocasiones se enrollaban cuerdas para mejorar la adherencia.



Imagen 1.17: Dintel madera con cuerda enrollada



Imagen 1.18: Dintel de Madera en Muro de Tapia

1.4.1.2. TAPIAS DE HORMIGÓN DE CAL

Se trata de un tipo de tapia sin tierra; es aquella que una vez encofrada se le agrega un hormigón de cal con gravas de diversa granulometría, encontrando ocasionalmente piedras de mayor tamaño.

No es un tipo de tapia muy utilizado pues al agregar Cal a la masa se encarece la construcción.

En lo que respecta al proceso de construcción, se piensa que el hormigón se vertería en consistencia seca, incluso se compactaría para evitar la aparición de huecos y burbujas dentro de la masa, y conseguir así una mayor densidad. Hay que tener en cuenta que un hormigón con demasiada agua obligaría a esperar demasiado tiempo para la retirada de las tapialeras.

1.4.2. TAPIAS REFORZADAS EN SUS PARAMENTOS:

1.4.2.1. TAPIAS CALICOSTRADA

Éste tipo de tapias presenta en sus paramentos un revestimiento de mortero o de hormigón de cal aplicado durante la compactación de la tierra. Se ha utilizado tanto en la construcción de viviendas como en edificaciones de tipo monumental. Para su construcción, una vez montado el tapial, se extiende contra los tableros una capa de mortero de cal de una altura correspondiente a la primera tongada de tierra, posteriormente se vierte la tierra de la primera tongada y se compacta

convenientemente; después se vuelve a colocar una capa de mortero sobre el encofrado, se vuelve a verter la tierra, y se compacta, así hasta completar toda la tapia. Una vez desencofrado, una sección transversal del muro nos mostraría las lenguas de mortero de cal que penetran dentro de la masa de cada junta de tongada macizada.



Imagen 1.19: Sección de Muro Tapia de Tierra Calicostrada

Existe una variedad en la ejecución que consiste en extender sobre cada tongada recientemente apisonada una capa de mortero de cal en toda la superficie. De esta manera, los muros mejoraban sus características físicas, y en algunos casos especialmente en murallas, las han salvado de su completa destrucción, porque éstas tongadas han servido de protección frente al impacto de la lluvia. Estos muros presentan un acabado exterior bien lucido, que si ha sido correctamente ejecutado y protegido mejora con el paso del tiempo a medida que el mortero de cal se endurece. La Costra, ofrece una excelente protección al paramento frente a los agentes exteriores, como lo han demostrado las tapias de más de 800 años que aún se conservan en un aceptable estado, con un cromatismo que los hace especialmente vistosos.

1.4.2.2. TAPIA VALENCIANA: DE LADRILLO Y TIERRA CALICOSTRADA

Se trata también de una tapia con costra de cal que lleva a veces hiladas de ladrillo macizo asentados en plano y visibles al exterior.

Proceso constructivo:

Contra los tapiales se extiende una cama de mortero u hormigón de cal, sobre la cual se asienta la hilada de ladrillos, dejando su cara más larga vista, poniendo especial cuidado de que estén bien pegados al tapial. Una vez preparada la primera hilada, se

extiende una costra de mortero de cal sobre los tabloncillos, y se procede a verter y macizar la tierra. Antes de que la tierra enrase con el mortero, se vuelve a colocar una nueva hilada de ladrillos sobre una nueva cama de mortero, y así sucesivamente hasta completar la tapia. La separación entre las hiladas no solía ser constante.



Imagen 1.20: Paramento de Muro Tapia Valenciana

1.4.2.3. TAPIA DE PIEDRA Y TIERRA

Se trata de una tapia **calicostrada**, que lleva hiladas de losas de piedra o piedras de mampostería asentadas en plano y visibles al exterior.



Imagen 1.20: Paramento de Muro Tapia de Piedra y Tierra. En El Castell Vell, Castellón

Proceso constructivo:

Contra los tapiales se extiende una cama de mortero u hormigón de cal, sobre la cual se asienta la hilada de piedra, poniendo especial cuidado de que estén bien pegados al tapial. Una vez preparada la primera hilada, se extiende una costra de mortero de cal sobre los tablones, y se procede a verter y macizar la tierra. Antes de que la tierra enrase con el mortero, se vuelve a colocar una nueva hilada de de piedra sobre una nueva cama de mortero, y así sucesivamente hasta completar la tapia.

El reconocimiento de este tipo de tapia es muy complicado, ya que lo que vemos en la mayoría de casos es un paramento aparentemente de mampostería. Este tipo de tapia de piedra y tierra se puede diferenciar de un muro de mampostería en que no se ven piedras de menor tamaño que se emplearían en muros de mampostería para asegurar el asentamiento de las piedras, lo que hace que se vea entre las piedras grandes una cantidad de hormigón poco usual. En el caso de un buen estado de conservación y de que el plomo del mortero sobresaliera ligeramente del plomo de las piedras es la aparición de cejas en las juntas correspondientes a los tableros de las tapias lo que nos permitiría identificarlo.

1.4.3. TAPIAS MIXTAS:**1.4.3.1. TAPIA DE TIERRA Y MACHONES**

En determinadas ocasiones, para reforzar las tapias, particularmente en los cantos o en los jambas de los huecos, se formaba dentro del encofrado un refuerzo de fábrica de ladrillo que era como un machón o pilar sobre el cual se extendía la tierra para macizarla. Este refuerzo se podía hacer con ladrillos o con piedra. En el caso de emplear piedra se alzarían a la vez que se extendieran las tongadas de tierra.



Imagen 1.21: Paramento de Muro Tapia de Tierra Y Machones

1.4.3.2. TAPIA DE BRENCAS

En este caso las tapias van unidas vertical y horizontalmente por una capa de mortero de yeso, que al llegar a las esquinas de las construcciones y en las jambas de los huecos, conforman unas líneas curvas que se manifiestan en el paramento exterior, sirviendo de refuerzo en estos paramentos. Ésta solución se emplea en cada una de las tapias, por lo cual el paramento presenta toda una serie de curvas en cada hilada.



Imagen 1.21: Paramento de Muro Tapia de Brenca

Hay que tener en cuenta que el yeso que se empleaba, no es como el yeso empleado hoy en día que tiene un mal comportamiento frente a la humedad, El yeso que se utilizaba antiguamente era de un grano más grueso y soportaba mejor las inclemencias meteorológicas, como se puede comprobar en los muros de tapia aun existentes.

El refuerzo de yeso permitía ahorrar la siempre delicada operación de apisonar la tierra en los rincones del tapial, donde justamente es más difícil la compactación. Por otro lado, el mortero de yeso también contribuye a evitar el agrietamiento de las tapias de tierra por la retracción que se produce a lo largo del secado de la fábrica.

1.4.3.3. TAPIA DE PIEDRA CON HORMIGÓN DE CAL

Es el tapial más habitual en las construcciones defensivas medievales. Están resueltos mediante piedra apoyada sobre una buena base de hormigón de cal

Existen dos tipos dentro de este grupo:

TAPIA DE PIEDRA CON HORMIGÓN DE CAL SIN MANIFESTARSE LAS PIEDRAS EN EL PARAMENTO:

El hormigón cubre la totalidad del paramento ocultando las piedras en el interior, las cuales se solían colocar de una manera ordenada, normalmente planas, de esta manera se formaban capas alternas de cama de hormigón que se extiende contra las tapias y tongadas de piedra.

También es frecuente que las piedras se coloquen sin ningún orden previamente concebido, entonces nos encontraremos una masa heterogénea de hormigón y piedras de todas las medidas.

Por el acabado que presentan los paramentos de los muros que se han conservado en buen estado, hace pensar que el hormigón tendría una consistencia blanda, y que se pondría especial cuidado en que el hormigón llenara los huecos dejados por las piedras y conseguir así una masa homogénea y monolítica.

TAPIA DE PIEDRA CON HORMIGÓN DE CAL MANIFESTÁNDOSE LAS PIEDRAS EN EL PARAMENTO:

Las piedras del muro quedaban parcialmente vistas. El menor volumen de hormigón empleado ha hecho que en general la conservación de los muros no sea muy buena, lo que dificulta el reconocimiento de éstos muros de tapia. De hecho, muros que de un primer golpe de vista parecían muros de mampostería ordinaria han resultado ser Muros de tapia de piedra con hormigón de Cal



Imagen 1.22: Hallazgo de de Muro Tapia de Piedra con Hormigón de Cal en el Castillo de Oropesa



Imagen 1.23: Reconstrucción de Muro Tapia de Piedra con Hormigón de Cal en el Castillo de Oropesa

1.4.3.4. TAPIAS DE LADRILLO

Éstos muros de tapia presentan una apariencia de simple fábrica de ladrillo, pero al acercarnos, comprobamos que las llagas de mortero llegan hasta los 10 cms; mirando detenidamente, se pueden apreciar las juntas verticales que delatan la interrupción de la ejecución y también las hiladas de las tapias. Todo el espesor de la tapia estaba resuelta con ladrillo.



Imagen 1.25: Muro de tapia de Ladrillo

1.5. PROBLEMÁTICA EN EL MURO DE TAPIA:

1.5.1. La ausencia de normativa

El uso y desarrollo de las construcciones con tierra se ha basado hasta hace relativamente poco (mediados del siglo XX) en el empirismo, cuyos resultados nos muestran excelentes ejemplos de construcción con tierra que han soportado perfectamente el paso de los siglos, pero también muchas deficiencias en su aplicación.

Hoy en día en el estado Español no hay ninguna normativa o recomendación en el uso de las tierras en los muros de tapia.

Es el Piet-70, desarrollado por el Instituto Eduardo Torroja en las “Prescripciones sobre Obras de Fábrica”, la que más ha detallado las propiedades de la tierra para ser utilizada en tapia y adobe. Pero desde entonces no ha habido más normativa de referencia más allá de las de obras públicas y en particular de carreteras, hasta que muy recientemente se ha aprobado la Norma UNE 41410: “Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo” para la construcción con Bloques de Tierra Comprimida.

En España la normativa referente a la tierra se encuentra actualmente en proceso de Redacción. En 2010 AENOR publicó la norma UNE 41410:2008 sobre las definiciones, especificaciones y Métodos de ensayo de los bloques de tierra comprimida. Posteriormente se desarrollarán las UNE de adobe y tapial. Asimismo a través del Ministerio de la Vivienda y el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja se está elaborando un documento como guía para el cumplimiento del Código Técnico de la Edificación en las construcciones en tierra.

1.5.2. Patología, Durabilidad

La tierra es un material con baja resistencia superficial frente a impactos y erosiones. Por esto es muy importante un adecuado revestimiento que proteja el grueso de la fábrica, ya sea proporcionado por el mismo proceso constructivo (calicatrado) o aplicado posteriormente.

Cuando este revestimiento es poco resistente, o se pierde, los muros de tierra son muy erosionables por el viento, la lluvia y el ataque de insectos u otros organismos que anidan fácilmente en los mismos. Es corriente observar una erosión marcada en franjas horizontales cuando el espesor de las tongadas es excesivo (superior a 10 cm) ya que se ha producido una compactación insuficiente.

Los muros de tapia tienen principalmente los siguientes enemigos:

El Agua:

El agua afecta fundamentalmente a la parte inferior de la fábrica, a su coronación, que no suele estar protegida y a las zonas de las juntas.

La resistencia de las construcciones de tierra disminuye progresivamente a medida que aumenta la humedad relativa en el interior de sus fábricas. La erosión de los tapiales debida al agua puede venir por varios frentes diferentes:

- Por la parte superior de los muros, ya que una vez los muros han perdido su revestimiento o protección propia, el agua se va filtrando, disolviendo las partículas con su posterior arrastre, erosionando y deteriorando el muro.
- Por los paramentos, que sufren la acción del agua y el viento al actuar conjuntamente y transportar sales marinas en disolución, ejerciendo una labor abrasiva.
- En la parte inferior de las tapias la humedad asciende por capilaridad formando una sensible línea horizontal con la consiguiente pérdida de resistencia en los muros de tapia. La ascensión del agua por capilaridad es muy baja en la tapia endurecida, no sobrepasando nunca valores aproximados de 40 cm., siendo menor cuanto mayor sea la porosidad de la fábrica. La consecuencia más frecuente de estas humedades es el desprendimiento del revoco, al debilitarse

la adherencia a la fábrica. Con frecuencia se ha intentado solucionar el problema colocando una capa de mortero de cemento sobre la zona afectada, pero con esto lo que se consigue es que el agua ascienda aún más y las manchas aparecen por encima del mortero.-

- Los muros de tapia son muy sensibles también al salpiqueo del agua.

Las grietas:

Debido a la retracción que sufren estas fábricas durante el período de secado, es frecuente la separación de las juntas entre tapias en muros monolíticos o entre éstas y los machones en muros mixtos. Los machones (especialmente los de albañilería) presentan secciones variables en su altura, actuando como enjarje con la tapia y mejorando la cohesión entre ambos materiales. En la mayoría de los muros de tierra estudiados aparecen grietas alrededor de los huecos, bien siguiendo los bordes de éstos, o formando arcos de descarga sobre el dintel, aunque es difícil precisar si su alcance es estructural en el muro.

El ataque de insectos, elementos orgánicos

Es vital evitar la aparición de microorganismos, insectos que aniden en los muros de tierra y eliminar cualquier tipo de vegetación en la misma. Pues todos estos elementos pueden ir erosionando interiormente los muros de tierra sin que se aprecie exteriormente.

Desprendimiento de revocos

El desprendimiento del revoco puede ser causado por problemas del mismo (falta de adherencia, excesiva rigidez, etc.) y otras veces es el reflejo de un problema del muro sobre el que está aplicado. El revoco suele agrietarse en las juntas de un tapial mixto, debido a que la tierra se dilata más con la absorción de agua que el resto del muro, dando lugar a movimientos diferenciales. Los morteros de cemento, mucho más rígidos que el soporte sobre el que se aplican, se desprenden con mayor facilidad si no se han aplicado en varias capas, aumentando progresivamente su dosificación.

El arrastre de sales higroscópicas de los morteros del zócalo de apoyo, o existentes en la propia tierra, en la zona inferior de las tapias, puede provocar la aparición de eflorescencias en la superficie, produciendo pérdida del material en el plano exterior o el abolsamiento y posterior caída del revestimiento exterior de protección

1.5.3. Ocultación de los muros de tapia originales en restauración

No quiero dejar sin mencionar ésta problemática que ocurre en la rehabilitación del patrimonio arquitectónico en la reconstrucción de los muros de tapia:


A menudo nos encontramos muros de tapia con media hoja destruida , y al reconstruir los muros de tapia, los restos de tapia hallados que además son los que te han aportado datos para la reconstrucción quedan ocultos por los nuevos muros de tapia.

La única solución posible a este problema es documentar los restos hallados, y en el mejor de los casos dejar una ventana arqueológica donde se pueden observar restos de las tapias originales.

Una opción para la diferenciar las zonas de nueva ejecución de las existentes en los paramentos, es la colocación en el plano de separación y embebidos en la masa unas losas de piedra de pequeña entidad y con una separación lo mayor posible de modo que perfilando el plano de separación se hagan visibles en la observación próxima pero que desde cierta distancia no se aprecien.



Imagen 1.25: Losas de piedra para diferenciar zonas de nueva ejecución de zonas existentes



**2. INTERVENCIONES EN MUROS
DE TAPIA EN LA ACTUALIDAD.
VARIACIONES ACTUALES**

2. INTERVENCIONES EN MUROS DE TAPIA EN LA ACTUALIDAD. VARIACIONES ACTUALES

La tapia: técnica milenaria de construir muros consistente en apisonar tierra húmeda dentro de un molde de madera llamado tapial, ha sido profusamente empleada en la Península Ibérica desde muy antiguo, tanto en la arquitectura monumental como popular, hasta que a principios del siglo pasado entró en franca decadencia, llegando prácticamente a desaparecer unas décadas después.

España cuenta con un amplísimo patrimonio arquitectónico repartido en la práctica totalidad de su territorio hecho de tierra compactada. Tanto en construcciones de tipo monumental como es el caso de la Alhambra de Granada, como en edificaciones populares.

En Europa, tras la crisis energética de finales de los setenta, la tierra vuelve a despertar el interés de la población como material de construcción. La población va rescatando antiguas técnicas constructivas y materiales que pueden suponer una alternativa a las caras y muy poco accesibles técnicas constructivas del momento

Supuso un gran empujón al empleo de la tierra como material de construcción el hecho de que en 1976, en Vanouver (Canada) se celebrara la conferencia Habitat 76 para los asentamientos urbanos promovida por la ONU, donde 132 países alcanzaron una serie de acuerdos plasmados en unos postulados que en algunos países latinoamericanos han sido considerados como políticas habitacionales, donde inciden en la necesidad de revalorizar las técnicas y materiales autóctonos como vía para paliar la carencia de viviendas en el tercer mundo.

En Europa a principios de los años 80, surgen numerosas iniciativas en torno al uso de la tierra como material de construcción para los nuevos desafíos de la construcción sostenible y como experiencia para aplicar en los países más deprimidos:

- El grupo Craterre en Francia promueve la construcción de 65 viviendas levantadas con tierra sin cocer cerca de Lyon
- El constructor Martin Rauch promotor de iniciativas en Austria y Alemania
- Iniciativas llevadas a cabo por el arquitecto Gernot Minke (Catedrático de la universidad de Kassel, investigador en el campo de las construcciones ecológicas de bajo coste y especialmente en el campo de la construcción en Tierra
- Otro gran precursor de la construcción con tierra es el Arquitecto y constructor David Easton, principal renovador de la construcción con tierra

apisonada en Norteamérica desde los años setenta integrando los volúmenes de muros de tierra en el entorno.

En cambio en España, ha sido en los últimos 20 años cuando han proliferado viviendas y todo tipo de construcciones construidas en tierra.

- Es Julian Salas Serrano quien en 1983 funda en el instituto Eduardo Torroja el equipo de investigación “Tecnologías de viviendas de muy bajo coste”.
- Un año después el arquitecto Erhard Rohmer crea el “Centro de investigación de Técnicas y materiales Autóctonos de Navapalos (Soria)” donde desde 1985 se han impartido numerosos cursos de formación en construcción con tierra hasta el año 2006, encuentros de trabajo en los que han participado los más destacados especialistas internacionales en la materia, convirtiéndose pronto en una referencia y lugar de encuentro de profesionales europeos y latinoamericanos.
- Tras estas iniciativas, numerosas universidades, entidades y profesionales han ido promoviendo proyectos de construcción, jornadas, congresos, publicaciones, estudios e iniciativas de todo tipo para promover éstas técnicas arquitectónicas que estaban condenadas a desaparecer.

Una vez más, mencionar, que el uso de la tierra choca a menudo con las exigencias legales, debido a la ausencia de una normativa o recomendación en el uso de las tierras en los muros de tapia. Como ya se ha comentado, la construcción en tierra ha sido la gran olvidada en la normativa y en el CTE.

Es el Piet-70, desarrollado por el Instituto Eduardo Torroja en las “Prescripciones sobre Obras de Fábrica”, la que más ha detallado las propiedades de la tierra para ser utilizada en tapia y adobe. Pero desde entonces no ha habido más normativa de referencia más allá de las de obras públicas y en particular de carreteras, hasta que muy recientemente se ha aprobado la Norma UNE 41410: “Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo” para la construcción con Bloques de Tierra Comprimida.

En España la normativa referente a la tierra se encuentra actualmente en proceso de Redacción. En 2010 AENOR publicó la norma UNE 41410:2008 sobre las definiciones, especificaciones y Métodos de ensayo de los bloques de tierra comprimida. Posteriormente se desarrollarán las UNE de adobe y tapial. Asimismo a través del Ministerio de la Vivienda y el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja se está elaborando un documento como guía para el cumplimiento del Código Técnico de la Edificación en las construcciones en tierra.

2.1. TIERRAS:

La tierra apta para la construcción de tapias ha de estar compuesta por Arcillas, limos, arenas y en muchas ocasiones también por gravas. En función de la proporción de los elementos que conforman la tierra y de la calidad de la arcilla obtendremos distintos tipos de tierra con diferentes propiedades. La arcilla es la principal protagonista, tanto por su cohesión como por su plasticidad.

Si se desea conseguir una tapia bien ejecutada, la tapia deberá contener una cierta cantidad de arcilla que hará de aglomerante y aportará cohesión y plasticidad, dos propiedades necesarias para que después de una buena compactación el muro tenga un correcto comportamiento mecánico y pueda ofrecer la imprescindible solidez frente a los esfuerzos que se ve sometido.

Antiguamente el constructor anónimo hacía uso de su experiencia y de elementales pruebas sensoriales de campo, y era sabedor de que la tierra tenía que tener cierta cantidad de grava que aportará al muro resistencia e incrementará la estabilidad de la mezcla, arena y limo, y una cierta cantidad de arcilla que hará de aglomerante y aportará cohesión y plasticidad, dos propiedades necesarias para que después de una buena compactación el muro tenga un correcto comportamiento mecánico y pueda ofrecer la imprescindible solidez frente a los esfuerzos a los que se verá sometido.



Imagen 2.1. Tierra de un antiguo muro de tapia

Si se pretende que la construcción en tierra sea reconocida por las diferentes instituciones y organismos y que su uso esté normalizado en el Código Técnico de Edificación, no es suficiente con apoyarse en los conocimientos empíricos sobre el uso de la misma. Es necesario ofrecer una caracterización de la tierra más precisa y dar respuesta a las exigencias estructurales, de acabados, exigencias en el proceso constructivo, etc... Es decir, habrá que justificar las solicitaciones estructurales, la resistencia a la erosión de los paramentos, el comportamiento térmico y acústico y habrá que dar respuesta a los aspectos estéticos.

Para verificar el cumplimiento de las exigencias de la tierra de un muro de tapia, será necesario el reconocimiento de las tierras en el laboratorio:

PRUEBAS Y ENSAYOS DE LA TIERRA:

La necesidad por parte de las Direcciones de Obra de caracterizar las tierras utilizadas en los muros de tapia, obliga a la realización de pruebas y reconocimientos en laboratorio, y por otro lado una vez construidos los muros de tierra se realizarán ensayos sobre el mismo para conocer la densidad del muro y el grado de compactación logrado, asegurando que está dentro del límite establecido como aceptable. Así pues las pruebas y ensayos que se realizan serán las siguientes:

ENSAYOS DE LABORATORIO:

- Análisis granulométrico de suelos por tamizado. Según UNE 103101/95
- Análisis granulométrico de suelos finos por sedimentación. UNE 103102/95
- Determinación de los límites de Atterberg. Según UNE103103/94/103104/93
- Determinación de los valores de retracción lineal
- Determinación del tipo de arcilla para conocer la posible expansividad de ésta y los estabilizadores más apropiados
- Determinación del contenido de materia orgánica oxidable de un suelo por el método del permanganato potásico. Según UNE 7368/77
- Determinación del contenido de sales solubles de un suelo
- Próctor Modificado. Según UNE 103501/94. A través de él es posible determinar el grado óptimo de humedad para la puesta en obra de la tierra, y la compactación máxima de un terreno en relación con su grado de humedad.
- Roturas de probetas a compresión Simple (NTL 305:90)

ENSAYOS IN SITU SOBRE EL MURO YA CONSTRUIDO:

- Determinación de la densidad y humedad in-situ por isótopos radiactivos Según ASTM D2922/81 ANSI/ASTM D3017/78. Con éste ensayo se determinarán los grados de compactación y densidades logrados, en el número de penetraciones que determine la dirección facultativa, para ser contrastados con los resultados obtenidos en el laboratorio.

Mediante los ensayos realizados en el laboratorio, se debe verificar que la tierra de la cual se deben tomar varias muestras, está bien homogeneizado. Debe realizarse una caracterización de la tierra en cuanto a granulometría, plasticidad y contenido de materia orgánica

Interesa disponer de un material que posea una granulometría equilibrada, lo que en la caracterización de suelos se presenta con una curva continua, así como una adecuada proporción de arcilla y una grava de tamaño menor a 20mm en el caso de que la tierra fuera a quedar vista, en caso contrario podría incrementarse este tamaño del árido.

Es posible, que la tierra requiera correcciones granulométricas o la adición de aglomerantes en función de la calidad e la arcilla, la DF determinará sus porcentajes, método de mezclado y consideraciones técnicas a tener en cuenta.

Una vez se ha comprobado la obtención de un producto homogéneo se procederá a realizar el ensayo granulométrico por sedimentación, a la realización del ensayo próctor y a la determinación del comportamiento a compresión de 4 probetas, una de las cuales se realizará en un grado de compactación del 94% del próctor, y finalmente la elaboración de las gráficas mencionadas.

No todos los proyectistas optan por el ensayo de La determinación del índice de retracción, éste ensayo nos informa sobre la contracción de la tierra apisonada al secarse y de éste valor ya se puede obtener una idea tras la determinación de los límites de Atterberg.

Hay que tener en cuenta que en una tierra con elevados índices de retracción se producirían grietas y fisuras que ofrecerían un mal aspecto de muro, además por dichas fisuras y grietas penetraría el agua y comenzaría el inicio de la degradación del muro.

2.2. ELEMENTOS ESTABILIZADORES DE LAS TIERRAS.

A día de hoy el estabilizante más utilizado es el cemento, el cual añadido en seco en proporciones adecuadas consigue aumentar considerablemente la resistencia a compresión del muro, a la vez que incrementa su resistencia a la acción del agua.

Aunque cuando se trata de obras de restauración del patrimonio arquitectónico siempre predomina el uso de las cales por ser el material un material más noble utilizado desde hace siglos. La Cal es el material adecuado para las diferentes acciones de conservación que se realizan en la actualidad en los inmuebles de carácter histórico y arqueológico, donde es utilizado en la elaboración de morteros de asiento, inyección de grietas y fisuras, confinamientos y mejoramientos de suelo con carácter estructural, aplanados y pintura, entre otros.

Las cualidades plásticas de la cal le hacen un material de gran versatilidad, durable cuando se trabaja adecuadamente y de gran expresividad por su textura, finura, color y maleabilidad.

El uso de cal aérea o de cemento va a depender principalmente del porcentaje y de la calidad de la arcilla de la tierra, considerándose por lo general más recomendable el cemento para los suelos arenosos, y la cal para los suelos arcillosos. Se recomiendan adiciones entre un 6 y un 10 % del peso total, siendo conveniente la realización de ensayos.

Es muy común en la restauración del patrimonio arquitectónico el uso de cemento blanco con la intención de no alterar la tonalidad de la tierra. También es muy común el uso conjunto de la cal aérea con el cemento blanco, ya que el cemento mejora mucho la trabajabilidad de la mezcla y proporciona mayor resistencia inicial.

Por lo general en una obra de restauración antes de comenzar los muros de tierra se realizan tantas pruebas como la dirección facultativa estime oportunas, bajo sus directrices, aportando sus conocimientos y experiencias de otras obras ejecutadas de similares características, buscando la dosificación más adecuada en cuanto a color, textura, y grado de humedad previo al compactado haciendo pruebas con diferentes dosificaciones de cales, cemento y aridos, ya que la tierra se suele emplearse la de las propias excavaciones arqueológicas que suele ser con las que están resueltos los muros de tierra originalmente.



Imagen 2.1. Muestras de Hormigón de Cal para recalce de Cimentación en las Obras del castillo de Sagunto

En el Caso de la Escuela infantil en Santa Eulàlia de Ronçana (Barcelona), con objeto de reducir la retracción de la tierra observadas en las pruebas de laboratorio, se han incorporado fibras de madera así como perlita expandida para mejorar el aislamiento térmico y cemento blanco como estabilizante. Los paramentos exteriores se protegieron con resina de silicona y los paramentos interiores con silicato de potasio con el fin de mejorar la repuesta a la acción del agua y a la erosión mecánicas.



Imagen 2.2. Escuela Infantil en Santa Eulalia de Ronçana.

2.3. MEDIOS TÉCNICOS AUXILIARES:

Antiguamente se utilizaba la madera como principal herramienta en la construcción de muros de tapia, Los tapias y los pisones estaban resueltos con madera seca y dura, aunque en cada zona geográfica tenían sus especificaciones.

La técnica del tapial resultaba muy económica, pues la mano de obra era barata y no tenía que estar muy especializada, la tierra era inagotable, y las medidas de seguridad eran inexistentes.

Hoy en día ya no se dan estas condiciones, pues la mano de obra se ha encarecido, y existen unas medidas de seguridad de obligado cumplimiento.

Por lo tanto, para que la técnica del tapial gane presencia, es necesario un abaratamiento de los costes que pasa inevitablemente por la mejora de los rendimientos en la producción, introduciendo mejoras en los medios auxiliares a emplear.

LOS TAPIALES O ENCOFRADOS

En las últimas décadas para la construcción de muros de tierra se están empleando en la medida de lo posible encofrados procedentes de la industria del hormigón que permiten la ejecución de grandes lienzos de muro reduciéndose los tiempos de ejecución.



Imagen 2.3. Encofrado en la Capilla de la reconciliación. Berlín.

Actualmente los encofrados industriales conviven con los tapias tradicionales de madera. Aunque con los tapias tradicionales de madera es necesario repetir muchas veces las operaciones de montaje y desmontaje, éstos son más manejables, precisan menos medios auxiliares para su elevación y en el caso de la restauración del patrimonio arquitectónico, con los tapias tradicionales es más sencillo reproducir las cejas entre los tablonos que formaban los antiguos tapias y reproducir las juntas verticales entre los tapias.

Es muy importante tanto empleando los tapias tradicionales como los encofrados de la industria del hormigón realizar un buen dimensionamiento y replanteo inicial, pues de esta manera se conseguirán mejores acabados en menor tiempo

LOS MEDIOS DE ELEVACIÓN

Tradicionalmente la tierra se elevaba en espuestas o capazos con ayuda de poleas y se vertía en la tapia. El ritmo de elevación, vertido y compactación era muy limitado. Actualmente se emplean diferentes medios de elevación como pueden ser una grúa torre o un maquinillo telescópico.



Imagen 2.4. Elevación y vertido de la tierra mediante balde de hormigón y grúa torre.

LOS PISONES

En el apisonado de las tierras en los muros de tapia supone un gran avance la aparición de sistemas mecánicos con los que se consigue aumentar notablemente los rendimientos y el grado de compactación alargando consecuentemente la vida de los muros de tapia de tierra.

En España no se comercializan de momento pisones mecánicos específicos para los trabajos en los muros de tapia de tierra. Pero en la medida de lo posible cuando las condiciones y las dimensiones de la tapia lo permiten, se emplean sistemas mecánicos de compactación como pisones (ranas) bandejas vibratorias o rodillos de lanza.



Imagen 2.5. Pisón; Bandeja Vibratoria y Rodillo de Lanza.

Mención especial merecen los pisones mecánicos de aire comprimido que comercializa la marca Sullair, en los cuales puedes graduar la potencia del impacto deseado, pero lamentablemente No se comercializan en España



Imagen 2.6; Imagen 2.7. Pisón Mecánico de aire comprimido Sullair

2.4. MUROS DE TAPIA PREFABRICADAS

Actualmente la construcción de tapia de tierra está levantando un gran interés ecológico debido a que las tierras con las que se elaboran las tapias es un elemento totalmente reciclable las veces que sea necesario sin que se produzcan pérdidas de calidad en los materiales que lo compone.

Del mismo modo que en la industria del hormigón armado cada vez más se están imponiendo los prefabricados de hormigón, Existen en la actualidad empresas que se dedican a la construcción de piezas de tapial prefabricadas.



Imagen 2.8; Industria donde se elaboran muros de tapial prefabricados

Con la industrialización de la producción de muros de tapia se pueden reducir los costes de mano de obra, los tiempos de ejecución, se pueden controlar mejor las dosificaciones tierra-Agua, asegurando siempre un grado de humedad óptimo para el apisonado, se puede mejorar la compactación, el acabado final e intensificar los controles de calidad durante la ejecución. En definitiva, se pueden ejecutar mejores muros de tapia de tierra, más duraderos y en menos tiempo.

Los prefabricados, permiten una modulación flexible, e incluso existe la posibilidad de empotrar las instalaciones.

Al igual que en la industria del hormigón armado prefabricado, con los muros prefabricados de tapia de tierra debe planificarse muy bien todo el proceso constructivo antes de comenzar la fabricación de las tapias de tierra, realizando un replanteo minucioso y todas las comprobaciones que sean necesarias.

Una de las mayores dificultades que presenta el tapial es el transporte, la falta de ductilidad del material exige un traslado muy cuidadoso que exige condiciones de empaquetado y almacenado, carga, traslado descarga muy cuidadosa.

Como he comentado la construcción con tapial de tierra está levantando un gran interés ecológico, por lo que no sería lógico ni sencillo trasladar grandes distancias piezas prefabricadas de muros de tapia. Así pues en proyectos de gran volumen existe la posibilidad de crear un taller temporal de fabricación en el lugar de construcción.

Resaltar, que en la ejecución de los muros de tapia prefabricados se emplean en ocasiones armaduras interiores de madera.

Una vez han llegado los bloques de tapia de tierra prefabricados a la obra, comienza el ensamblado. La plasticidad del material, permite rellenar y acabar fácilmente las juntas entre piezas prefabricadas de tapial colocando una base delgada de masa de arcilla que actúa fijando las diferentes piezas. Dependiendo de las solicitaciones se pueden plantear sistemas de anclaje suplementarios. Las juntas verticales se rellenan a menudo a base de mortero de cal. Tras la fase de montaje se rocían con agua las juntas, que se rellenan con el material original húmedo y se refuerzan con madera. Este trabajo de relleno-sellado permite que no se detecten las juntas y que los muros de tapial trabajen de forma monolítica.



Imagen 2.9; Ensamblaje de muro de tapia prefabricado.

3. EXPERIENCIA PRÁCTICA.

3. EXPERIENCIA PRÁCTICA

No podemos entender nuestra intervención en la “ CONSOLIDACIÓN DE LIENZOS Y TORRE SUDOESTE DEL CASTILLO DE OROPESA DEL MAR” sin una aproximación histórica, Ya que tanto en la Torre Norte como en la Torre Sudoeste nos encontramos tres construcciones muraicas bien diferenciadas.

3.1. MEMORIA HISTÓRICA CONSTRUCTIVA

El enclave del Castillo de Oropesa tuvo historicamente mucha importancia como control del paso del corredor litoral en su recorrido Norte-Sur. En dicho Itinerario estaban ubicados varios castillos que hacían difícil el transito, sin peligro, por dicha ruta enclavada entre la cadena montañosa y el mar. Precisamente el castillo aprovecha la estrechez del paso y la existencia de lagunas y zonas pantanosas para hacer más efectivo su control.

El castillo se encuentra sobre un montículo o pequeña colina en cuyas faldas Sur y Este se extendía la población. Dicho lugar ha tenido ocupación desde la Edad del bronce, época ibérica, romana y medieval. Los musulmanes fortificaron la colina con murallas de tapial de tierra costrada, de las que quedan todavía varios lienzos y fragmentos. Se aprecian restos de torres y nuevos muros del mismo material, adosados a los primitivos, que se levantaron para reforzar la defensa. Dichos elementos probablemente se realizaron en los siglos XII y principios del XIII a raíz de la llegada de los Almoravides y Almohades.

A finales del siglo XI fue señoreado por el Cid y por el rey Pedro I de Aragón para volver de nuevo a depender de sus pobladores musulmanes. En 1149 fue entregada la población y castillo de Oropesa, por Ramon Berenguer IV a la orden de San Juan del Hospital, para cuando fuera conquistada. Entre finales del año 1233 y principios del 1234 fue conquistada por el rey Jaume I estando ocupado su castillo por Alcaide cristiano dependiente de diversas familias nobiliarias como Perez de Pina, Berenguer Dalmau, Guillem de Alascum, Guillem de Jaffer, etc, hasta que a finales del siglo XV fue comprado por la familia valenciana de los Cervelló catalanes.

Durante los siglos XIII y XIV la población fue mayoritariamente musulmana existiendo documentación que indica los problemas que tuvieron de vecindad con cristianos de Benicàssim, Peñíscola y Sagunto. A finales del siglo XIV ya debía de existir una numerosa población cristiana pues, además de autorizar un descargadero en el puerto, se edifica una iglesia.

El 27 de mayo de 1355 el emperador Carlos V dio un poder general a su tío, don Fernando de Aragón, Capitán General del Reino de Valencia, para las fortificaciones de las torres de Blanca y Oropesa.

Debieron multiplicarse los ataques berberiscos ya que en 1379 ordena Pedro IV el Ceremonioso a Jofre de Thous fortificar el Castillo y rodear la población con una muralla para preservarla de los ataques piratas y en 1413 se edifica la primitiva Torre del Rey por orden de Fernando de Antequera. Aun así la documentación existente indica que durante el siglo XV existía gran despoblación. Los ataques corsarios partían de las islas Columbretes distantes unas 28 millas y media. Al abrigo de una ensenada, situada al NE, se refugiaban las goletas y allí situaban la base para efectuar sus imprevistos asaltos costeros.

En la guerra de las germanías, julio de 1521, los cabecillas Estellés, Coll y Bremón, tras apoderarse y saquear la población de Alcalá de Chivert, haciendo emigrar a los moriscos que la habitaban, fueron vencidos y ajusticiados en Castellón por el Duque de Segorbe. La intención de los agermanados era hacerse fuertes en el castillo de Oropesa pero el Duque les corto el paso en las inmediaciones del puerto de Oropesa, donde entablaron la batalla.

Joan de Cervelló, muerto en 1555, repara la muralla y el Castillo pues se dieron varios ataques, siendo el más destructivo el realizado el 7 de junio de 1534 por el pirata berberisco Barbarroja que desembarcando en el cabo de Oropesa, se apoderó de la torre del rey, de la villa y Castillo y talando sus campos. Para proteger más la costa, en 1568 el rey Felipe II compra la torre a Pere de Cervelló, la mandó fortificar con los nuevos criterios de defensa artillera, siendo revestida por el ingeniero italiano Juan Bautista Antonelli.

El despoblamiento debió ser grande y grave para los señores, ya que dejaban de ingresar las rentas derivadas del régimen señorial (Art. de D. Francisco Amillo Alegre). Doña Laura de Cervelló i Llançol de Romaní asienta a 24 familias en la población bajo unas condiciones de derechos y deberes. La Carta Puebla que fija las condiciones de dicho asentamiento se redacta en 1589 y entre otras obligaciones se establece la de residir en la villa y la de defender el territorio que adquieren, dotando a la villa de cañones, y de construir casamatas en las murallas para instalarlos.

En las cortes del año 1552 se planifica la construcción de varias torres de guaita litoral entre las que se encuentran la del Grao de Castellón, la de S. Vte. de Benicàssim y las de Oropesa.

Tras la expulsión de los moriscos se vuelve a repoblar con nuevos habitantes la población mediante otra carta puebla redactada en 1611.

A pesar de todas las defensas dispuestas no se pudo rechazar un fuerte ataque sufrido en el año 1619 por dos galeras piratas, siendo saqueada e incendiada la población con numerosos muertos y cautivos. Ese mismo año el virrey de Valencia proyectó el refuerzo de las defensas de los elementos fortificados de la costa mediante la suma de 30.000 escudos. A estas actuaciones hace mención una inscripción existente sobre un posible dintel o frontal de fuente (¿) de piedra caliza hallado en el castillo en la década de los años 1970 y existente en el museo de Naturhiscope. Dicho dintel,

restaurado por María Quiñones López y Daniel Soldevila Fuentes, contiene una inscripción, que según la transcripción de Vicente Forcada Martí dice así “(...)REGNAT EN ESPANA LAMAGESTAT DEL CATHOLICH PHELIP IV (...) [y siendo Virrey del Reino el] MARQUES DE POVAR (...) SE ACABA DE EDIFICAR ESTA FORTALEA ANY MDCXXIII A COSTES DEL REGNE DE VALENCIA PER A SEGURITAT DE AQUESTA VILA DE OROPESA Y TOTA SA COMARCA”.

Las torres Colomera, del Barranco llamada la Renegada (de la Corda) y del Rey aparecen en el inventario del armamento y personal existente en las torres del distrito de Castellón, realizado en el año 1728, por mandato del Príncipe de Campoflorido. La torre de la Corda la servían los soldados de a pie Jaime Boix y Vicente Perciva y estaba provista de dos mosquetes, 35 balas de mosquete, pólvora cuatro libras y cuerda mecha dos varas.

En el Archivo Cartográfico y de Estudios Geográficos del Centro Geográfico del Ejército, existe un plano topográfico levantado por D. Jose Ribelles, distinguido del regimiento de la (i), en el que se observa la torre de la cocina transformada en batería nueva a nivel del patio de armas, con ancho muro y troneras con gran deriva exterior. Dicho plano también hace un levantamiento de la torre del homenaje sin asignación de los espacios y en el del territorio aparece dibujada la nueva Calzada Real de Cataluña. Dicha calzada fue realizada bajo el reinado de Carlos IV entre los años 1787 - 1800. También aparece la torre de la Corda como torre Renegada.

El plano citado fue redibujado con posterioridad asignando funciones a la torre del homenaje y distribuyendo baterías en la misma, en el recinto de acceso casi sobre el depósito de agua actual y en la torre de la batería nueva. También se distingue la desaparición a nivel “del patio de las cisternas” de la torre del común, la sustitución del “Quartel Nuevo” por un graderío del que quedaba un pequeño resto, y la no existencia de la salida, tipo poterna, al Oeste.

En las Observaciones sobre la Historia Natural, Geografía, Agricultura, Población y Frutos del Reyno de Valencia, de Antonio Cavanilles, del año 1795, describe la población “En lo alto de un cerro de mármol pardo se halla un fuerte castillo, y en sus faldas la villa (...)”. En el grabado aparece efectivamente un compacto reducto defensivo con una torre o bastión en primer término.

En octubre de 1811 el general Suchet del ejército francés, conquista el castillo que estaba defendido por el capitán de regimiento de América Pedro Golti al mando de 250 hombres y 4 cañones de hierro. Los sitiadores disponen la batería de 3 piezas de artillería en la parte Norte desde la cual derriban un lienzo del muro y provocan la rendición del Castillo. En los grabados realizados a raíz de la conquista del castillo se observa la existencia de la torre del homenaje tal como viene reflejada en el plano de sobre el año 1730, aunque con desperfectos. Parece ser que dicha torre fue volada, posteriormente, por los franceses. Bernardo Mundina, en 1873, reseña que la

población está cercada de murallas y que en época primitiva tenía un fuerte castillo que fue volado por los franceses, quedando solo dos torres que protegen la costa.

En el plano que reproduce Carlos Sarthou Carreres (1913-18), la población es muy poco mayor a la que resulta de edificar contra la muralla en su exterior. Se pueden identificar solo cuatro accesos.

3.2. DESCRIPCIÓN ARQUITECTÓNICA FORMAL DEL CASTILLO DE OROPESA

3.2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y CRONOLOGIA CONSTRUCTIVA

El castillo de Oropesa se encuentra sobre una colina que se eleva entre 30-35 metros sobre el terreno circundante. El enclave del castillo protegía y controlaba el acceso Norte a la plana litoral de Castellón allí donde el paso se estrechaba entre las Montañas, terrenos pantanosos y el mar. Sobre estructuras previas defensivas se originó el primitivo castillo musulmán mediante la ejecución de un muro tapial de tierra costrada emplazado sobre la ladera norte de más fácil acceso. La población se situaría al Este y Sudeste sobre un emplazamiento elevado posiblemente alrededor de la Iglesia, calle del horno, de arriba y del medio (quizá ocuparía también parte de los accesos actuales y del depósito de agua potable). Dicho núcleo estaba situado junto al recinto del castillo en donde se refugiarían en caso de necesidad.

El castillo estaría estructurado en dos o tres recintos. Dichos recintos solían ser tangentes de modo que el primero era el reducto más protegido y, generalmente, con salida al exterior. En dicho recinto se edificaba el alcazar, torre celoquia o del homenaje en época cristiana y era allí donde se alojaba el administrador o el alcaid del castillo. Este recinto se comunicaba con otro más extenso que se formaba ampliando los muros y englobando un terreno más extenso llamado albar. Allí era donde se refugiaba la población y baños en caso de necesidad. Podía haber un tercer recinto protegido con un muro más sencillo que rodeaba la población y se prolongaba hasta enlazar con el segundo recinto.

El frente norte es el más accesible y por lo tanto es el que presenta un muro más elevado y potente. Sobre este muro se le añadirían las torres a finales del siglo XI, XII y principios del XIII. Sobre esta base se conformaría el recinto defensivo cristiano con el refuerzo realizado en 1379 por Jofré de Thous bajo mandato del rey Pere IV el Ceremonios y posteriormente en la primera mitad del siglo XVI por Joan de Cervello.

A juzgar por la inscripción del dintel hallado entre los escombros del castillo la reforma mas importante se produjo en 1623. En dicha inscripción se dice que "(...) se acaba de edificar esta fortaleza any 1623 (...) per a seguritat de aquesta vila de Oropesa y tota sa comarca." De la "fortaleza" formaría parte la remodelación de la torre del homenaje y el refuerzo, mediante forrado, de los muros de tapial por muros de mampostería y la modificación de la muralla urbana.

Procedente del Archivo Cartográfico y de Estudios Geográficos del Centro Geográfico del Ejército existe un levantamiento en planta y sección. Se trata de un plano coloreado en el que se dibuja la planta con escala gráfica, en toesas, equivalentes aproximadamente a 1/165. Dicho plano levantado posiblemente sobre el año 1730 plantea una reforma consistente en la construcción de un nuevo cuartel ocupando la parte norte del patio de armas. Se especifican los muros “ antiguos y de tapia revestida de mampostería” así como los que hay que reedificar de nuevo. Estos últimos corresponden prácticamente a la muralla Norte.

3.2.2. DESCRIPCIÓN ARQUITECTÓNICA Y DE MATERIALES.

Situado en la parte alta de la población, tiene acceso por empinada escalera adosada al actual depósito de agua potable municipal, desembarcando en la plaza del cuerpo de guardia. A la izquierda están los restos de lo que fue el cuerpo de guardia, presenta recinto único, siendo los muros de mampostería con un espesor medio de 100 cm, y altura de 120 cm. En su origen tenía terraza plana que se accedía mediante escalera exterior. Enfrente está la torre del homenaje y a su derecha el citado depósito de agua potable cuya construcción supuso la destrucción de parte de la plaza del cuerpo de guardia, el foso seco y la entrada principal con tambor protector, según se deduce de los planos del castillo que se conservan en el Servicio Geográfico del Ejército.

En el otro extremo de la plaza hay restos de dependencias, que al parecer se transformaron en cocina, caballerizas y cuarto para colgar sillas según los planos del proyecto de reforma citado, datados alrededor del año 1730.

Junto a la entrada de la cocina había una escalera que subía a un segundo piso que corría por encima de las caballerizas. De todo ello tan solo se conservan los muros perimetrales, dos jambas de puerta en ladrillo aplantillado y el arranque cegado de la escalera. Los muros son de mampostería, con espesor medio de 68 cm, no sobrepasando el metro de altura. El recinto denominado caballerizas tiene restos del pesebre que puede provenir del primitivo muro tapial de tierra. Sobre la línea de muralla norte y correspondiendo con la prolongación de la zona que ocupaba la cocina, se alza una de las torres cúbicas, de planta rectangular de 8,0x5,0 m, con altura a pie de muralla de 4,10 m, posiblemente de época muy anterior y reedificada sobre restos medievales cristianos o musulmanes. Dicha torre mantiene una distancia de unos 16 m. de la torre contigua más occidental del mismo lienzo norte.

Un pasillo de 1,5 m. de ancho y 7,0 m. de largo, discurre entre las citadas dependencias y el lienzo norte de la torre del homenaje. Al fondo de dicho corredor hay una escalera que da acceso a la plaza de las “Cisternas” y torre del “Homenaje”. Está formada por 17 peldaños de piedra, con una huella aproximada de 28 cm., una contrahuella de 22 cm y una anchura de 1,40 m., salvando una altura de 3,77 m. hasta la citada plaza.

Desde esta cota, y como prolongación de la escalera anterior, están los 19 peldaños de mampostería concertada, que con un ancho de 0,90 m conduce al nivel de acceso de la planta principal de la torre del homenaje, salvando un desnivel de 4,10 m, dicha escalera se reconstruyó durante las obras de restauración del año 1.980-1.81, según proyecto de Dirección General del Patrimonio Archivos y Museos, sirviendo de referencia en planta y alzado el plano ya citado. Existe otro levantamiento de finales del s. XVIII o principios del s. XIX realizado por Jose Ribelles en el que se especifica en planta perfectamente las estancias y usos de la torre del homenaje. Por último existe otro plano del levantamiento del “Fuerte de Oropesa” con ocasión de la toma del castillo por el General Suchet del Ejército Francés realizado en octubre 1.811. En dicho grabado, además de ofrecer la situación de las tropas y de las baterías artilleras asediando el castillo, se puede apreciar la torre del homenaje vista desde el Norte y el Sur.

El paso a la torre del homenaje era mediante puente levadizo, que actualmente no existe. Se trata de la “torre mayor o mestra”, interior al recinto y en posición preeminente. En ella no solo se centraba la defensa única del castillo, sino que además era residencia del señor y donde tenía lugar el desarrollo de la vida social y política.

La documentación gráfica que se conserva en el Servicio Geográfico del Ejército, la describe de planta casi cuadrada, con tres pisos dividido en dos crujías, y techo de cubierta abovedado. La planta primera contiene las dependencias de acceso, “*cocina con su aljibe*”, almacén de municiones, almacén de víveres y lugar común. La planta segunda dispone del “*cuarto del gobernador*”, dormitorio de los oficiales, almacén de víveres y “*una habitación sin destino ahora*” y la planta de cubierta plana con dos garitas de mampostería para la guardia, esquinadas en el lado Este sobre el patio de acceso. La comunicación entre los diferentes pisos se realiza mediante escalera que discurre por el interior de los muros E y W. Los muros son de mampostería con sillería en las esquinas, con un espesor medio de 2,5 m. los perimetrales y 1,0 m. el interior. Su tipología, es similar a la “Torre del Rey”, situada a las orillas del mar.

Durante las obras de restauración llevadas a cabo en el año 1.980-81 por la Dirección General del Patrimonio Archivos y Museos, se consolidó la cimentación del lado norte y se recreó la torre hasta el nivel que hoy tiene, que corresponde a su acceso por planta primera desde la escalera exterior anteriormente descrita. Para la reconstrucción de la torre se consultaron todos los planos citados anteriormente.

El suelo en general es de tierra, observándose restos de pastón de mortero de cal con cantos rodados en parte del patio de armas y pavimento de baldosa de barro cocido de dimensión (23-24) cm x (45-46) cm, dispuesto a rompejunta en la zona del cuartel antiguo y del nuevo. En el cuarto para colgar las sillas y en la caballeriza el pavimento es de morrillo. En la sala nueva, medieval, descubierta en la última actuación llevada a cabo en la primera mitad del año 2011, se descubrió un pavimento de tierra apisonada y pastón de argamasa de poca consistencia.

Las murallas han perdido las almenas y/o las troneras que tuvieron en su momento estando la altura de los antepechos en la mayoría de los casos, antes de la última intervención, por debajo de los 60-70 cm., incluso a ras de suelo, como sucedía en el lienzo norte recayente a la plaza de las cisternas. Al excavar, en esta última actuación citada, la zona de encuentro entre la torre Norte y el muro, han aparecido restos de lo que podría ser el paso de ronda y un fragmento del parapeto de protección, realizados con muro tapial.

Los muros son en general de mampostería ordinaria y argamasa rejuntados con mortero de cal, de espesor variable, que oscila entre 0,70-1,00 m. en los lienzos exteriores y de 2,5 m. en los muros de la torre del homenaje. Esta última tenía sillería en sus esquinas. Gracias a las excavaciones citadas se ha podido establecer que en la muralla y torre Norte el sistema de defensa consistió en la ejecución de dos muros de tierra calicostrada, ejecutados por medio de encofrados de madera y de espesores variables, sobre 60-65 cm el muro interior de tonalidad oscura y 85-90 el exterior, de tonalidad rojiza. Dichos muros en el ámbito de la torre adquirirían tamaños variables de difícil homogeneidad. La tapia interior era más ancha en la parte baja y el espesor de la tapia exterior dependía del lado en que estaba emplazada, llegando a medir 110-115 cm.

Los revestimientos de mortero de cal han desaparecido en casi su totalidad y únicamente se aprecian en avanzado estado de degradación el algún muro que conforma particiones interiores, especialmente en la sala medieval descubierta junto al aljibe.

Las torres están formando parte de la primitiva muralla de tapial y jalonan los flancos norte y oeste. Son volúmenes prismáticos formados por doble muro de tapial de tierra calicostrada donde se pueden apreciar las huellas de las agujas y tablas. Posteriormente, en época cristiana y, posiblemente, tras algunos derrumbes se paramentó forrando el núcleo de tierra y, en algunos lugares, se sustituyeron por muros de mampostería ordinaria ejecutados con argamasa.

En esta actuación, cabe diferenciar dos zonas de trabajo diferenciadas:

Trabajos en el Muro que separa la sala Medieval del aljibe

Trabajos en la Torre Sudoeste

3.3. ACTUACIONES EN MURO QUE SEPARA LA SALA MEDIEVAL DEL ALJIBE.

3.3.1. ESTADO INICIAL.

En la sala medieval nos encontramos con la cimentación del muro del cuartel nuevo que se levantó en 1730 y que en estos momentos permanece apeada a base de puntales metálicos gravitando sobre rellenos de tierra. Ésta cimentación será preciso desmontarla, También se observan restos de paños de un muro de mampostería ordinaria que se ejecutó para reforzar el muro original. Este muro de mampostería se entiende como elemento impropio y por lo tanto es necesario eliminarlo con el fin de recuperar el muro tapia que está oculto tras él.

Una vez realizado dicho desmontaje, será necesario reparar los muros de tapia de tierra calicostrada que han perdido parte de la hoja exterior para rematarlos superiormente con otras hiladas de muro de tapia de tierra calicostrada hasta asegurar un antepecho en la plaza de armas.



Imagen 2.1: Estado inicial del muro de separación de la sala medieval con el aljibe

3.3.2. ESTUDIOS PREVIOS: ARQUEOLOGÍA

En los paramentos mejor conservados de los muros de tapia de tierra calicostrada existentes entre la torre Medieval y los Aljibes, se observa una tierra de color rojiza, se aprecian tenues líneas horizontales y verticales que indican que el muro fue construido mediante un encofrado corrido; se localizan en el muro de tapia sobre una misma línea horizontal, varios huecos, algunos de ellos de sección perfectamente rectangular de 8 x 4 cm. a distancias entre 48 y 57 cm que corresponden a los huecos donde estaban alojadas las agujas de las que se han encontrado algunos restos.

Una vez desmontada la cimentación del antiguo cuartel se desmontan los muros de mampostería que hay adosados a los muros de Tapia Calicostrada, siempre bajo las directrices y la atenta mirada del Arqueólogo Sergi Selma Castell. Una vez desmontada toda la mampostería, se excava hasta descubrir la cimentación de los muros de tapia, que está formada por unos muros de tapia de piedra con hormigón de cal.



Imagen 3.2: Excavación arqueológica; Cimentación del muro de tapia

Se comprueba que los diferentes muros de tapia que separan la sala Medieval del Aljibe no están alineados, los tonos de las tierras son diferentes, y no se sigue el mismo criterio en la posición ni en la forma de los huecos de las agujas encontrados. Se piensa que estos muros de tapia son de épocas diferentes, se baraja la posibilidad de la existencia de otra sala que delimitaría con la sala medieval y con los aljibes, y que el acceso a ésta sala fue cegado mediante la construcción de éste segundo muro de tapia de tono más rojizo. Sería muy interesante continuar con las excavaciones arqueológicas en el trasdós del muro de tapia, la dirección facultativa tiene un gran interés en éstas excavaciones, pues los datos que se puedan obtener serían muy útiles para elaborar el proyecto de la siguiente actuación en el Castillo de Oropesa, pero la partida presupuestaria de cultura para éste año del Ayuntamiento de Oropesa estaba agotada.

Adosado al citado muro de tapia, en uno de los extremos de la sala Medieval aparecen restos de un muro de tapia de piedra con hormigón de cal en forma de "L", lo que alimenta aun más la posibilidad de la existencia de la citada antigua sala.



Imagen 3.3: Restos de muros de tapia calicostrada y de Muro de tapia de piedra con hormigón de cal.

3.3.3. PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN. RESULTADOS OBTENIDOS.

Una vez finalizados los trabajos arqueológicos y habiendo realizado la toma de datos necesaria para la elaboración de los informes arqueológicos, la Dirección facultativa da la orden de reconstruir el muros de tapia de piedra con hormigón de cal y los muros de tapia de tierra calicostrada.

Se pretende la consolidación de los muros en sus arranques por medio de macizados y paramentado de coqueras y desprendimientos. Un segundo nivel de consolidación es el proteger los paramentos que han perdido el calicostrado e incluso la consolidación del mismo. Por último se consolidarían los muros por medio del recrecido del mismo con una técnica similar a la existente.

INTERVENCIÓN EN MUROS DE TAPIA DE MAMPUESTO CON HORMIGÓN DE CAL

En los restos de muro de tapia de hormigón de cal con mampuestos, se paramentarán las coqueras, se sanearán paramentos con acabado rejuntado rehundido, y se continuarán levantando los mismos muros de tapia de hormigón de cal con mampuestos, respetando las dimensiones del arranque. La dosificación empleada para el mortero de los muros de tapia de mampuestos con hormigón de cal sería: 2 partes de cal por 1 parte de cemento blanco por 3 partes de árido natural de 20 mm de tamaño máximo con canto rodado por 3 Parte de tierra procedentes de las excavaciones.



Imagen 3.4: Recreido de muro de tapia de hormigón de cal con mampuestos

Una vez retirados los encofrados, se procede a cepillar las juntas con un cepillo hasta la aparición en el paramento del árido grueso para evitar acabados lisos y tensos. Por otro lado, en la coronación de la última hilada dejamos alojadas maderas en las posiciones necesarias para un posible recreido futuro.

INTERVENCIÓN EN MUROS DE TAPIA DE TIERRA CALICOSTRADA

En el caso de los muros de tapia de tierra calicostrada, los paramentos de las tapias de tierra se consolidarán por medio de lechada de cal o de compuestos de ester de sílice.

En algunas zonas del muro de tapia que separa la sala medieval del aljibe es necesario reconstruir tapias que se encuentran con media hoja desprendida. Una vez consolidadas y reparadas estas tapias con coqueras o media hoja desprendida, se consolidarán los muros de tapia de tierra calicostrada por medio del recreido de los mismos, utilizando técnicas similares a las existentes.

Respetando las dimensiones de los restos arqueológicos encontrados, para la reconstrucción de los muros de tapia de tierra calicostrada entre la sala medieval y el Aljibe se montan las tapialeras para unas tapias de 198 cm de longitud por una altura de 92 cms y para un grosor de la tapia de 84 cm. Las tapialeras están formadas por tableros de madera de 198 x 23 cm unidos entre sí mediante una serie de costeros o traveseros, de este modo se conseguirá imitar las cejas existentes presentes en los restos de los tapias hallados. Las tapialeras deberán estar bien aseguradas y se apoyarán sobre las agujas de madera.

Aunque en ocasiones existe la posibilidad del empleo de encofrados continuos que nos permiten la ejecución de varias tapias contiguas simultáneamente, coincidiendo con las uniones verticales de las tapias se dejarán juntas de dilatación transversales de entre 3 y 4mm, éstas juntas se conseguirán mediante la colocación de unos finos tableros contrachapados entre las tapias. De esta manera realizaremos una fiel reproducción de los muros de tapia calicostrada, según unos criterios que vienen marcados por los hallazgos arqueológicos encontrados.



Imagen 3.5; Imagen 3.6.: Tapialeras continuas, con tablas contrachapado formando juntas verticales. Primero se llenan los dos tapiales extremos y luego se llena el tapial central

Durante la excavación arqueológica, se han encontrado numerosos huecos en los restos de los muros de tapia donde posiblemente estuvieron alojadas las agujas. La distancia de estos huecos era muy similar y en ocasiones las dimensiones de hueco eran perfectamente rectangulares de 8 x 3 cm e incluso se han encontrado restos de posibles agujas. Actualmente, en las reconstrucciones de los muros de tapia a realizar, debido a la versatilidad de los encofrados empleados, no precisamos de la ayuda de agujas para asegurar los mismos. Así pues montaremos agujas de la misma sección que los restos localizados, pero éstas agujas no serán pasantes, tendrán solo unos 25 cm. de longitud para que se manifiesten en el paramento exterior de los muros restaurados.



Imagen 3.7; Tacos de madera para dejar hueco en el paramento exterior como si de una aguja se tratase

El hormigón para las costras y las uniones entre las tapias se confeccionó con 2 partes de cal por $\frac{1}{2}$ parte de cemento blanco por 5 partes de árido natural de 20 mm de tamaño máximo con canto rodado por 1 Parte de tierra procedentes de las excavaciones.



Imagen 3.8: Momento del vertido de las costras y de la tierra estabilizada en Muro de tapia de tierra calicostrada.

La tierra empleada para los muros de tapia de tierra calicostrada es la procedente de las excavaciones, ésta tierra se amontona, se le eliminan las piedras de mayor tamaño, se humedece y se tapan con plásticos. El apisonado de las tierras se realizó mediante pisones manuales, poniendo especial cuidado en las esquinas con un pisón específico para las mismas.



Imagen 3.9: Momento del apisonado con pisón específico para esquinas y zonas delicadas

Con el fin de reforzar la unión del calicostrado con la tierra apisonada, se dispondrá una malla de fibra de vidrio entre el calicostrado y la masa de tierra compactada. La malla se colocará como mínimo cada cuatro tongadas del apisonado, debiendo ser estas de una altura inferior a 10 cm.

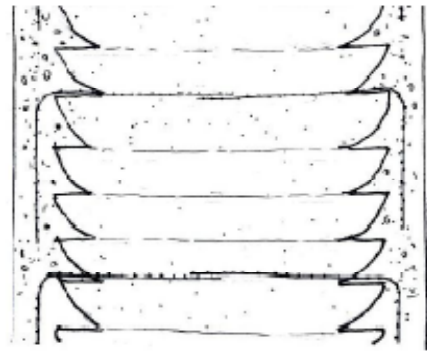


Imagen 3.10: Colocación de malla de fibra de vidrio

En la coronación de los muros de tapia se extenderá un lecho de hormigón de cal y cemento blanco con el fin de proteger a los muros de tapia de la erosión debida a la acción del agua. Antes del vertido del hormigón de cal en la coronación se extenderá una malla de fibra de vidrio con el objeto de reducir las retracciones durante el endurecimiento del hormigón y las dilataciones por cambios de temperatura.

También en la coronación de la última hilada, se dejaron alojadas maderas en las posiciones necesarias para un posible recrecido futuro.



Imagen 3.11: Momento de la creación de la coronación de la tapia con hormigón de cal y colocando la malla de fibra de vidrio y los bastones

Una vez retirados los encofrados, es necesario cepillar las superficies calicostradas con un cepillo de plástico hasta la aparición en el paramento del árido grueso, y paliar en la medida de lo posible el llamativo efecto de obra nueva, favoreciendo su integración en el entorno.



Imagen 3.10: Resultado muro de tapia de tierra calicostrada.

En el caso de grandes coqueras o de muros de tapia de tierra calicostrada con media hoja desprendida, éstas tapias se volverán a paramentar con el mismo tratamiento de la fábrica base, es decir muro de tapia de tierra calicostrada a una o dos caras.

En la reconstrucción de un muro de tapia con $\frac{1}{2}$ hoja desprendida, con el fin de asegurar la unión de la parte reconstruida de un muro de tapia con los restos del muro de tapia antiguo hallados y con el fin de mejorar el trabajo conjunto, es recomendable colocar varillas de fibra de carbono en la unión de la $\frac{1}{2}$ tapia vieja con la $\frac{1}{2}$ tapia nueva.



Imagen 3.11: Varillas de fibras de carbono para mejorar la unión obra vieja-obra nueva.



Imagen 3.12: Montaje de tapial a una cara.

En la reconstrucción de un muro tapia al que se le ha desprendido media hoja, además de las varilla de fibra de carbono se dispondrá una malla de fibra de vidrio en la unión de la media hoja hallada de muro de tapia de tierra calicostrada con el nuevo medio muro de tierra calicostrada que vamos a ejecutar para la reconstrucción de dicha tapia, con el fin de mejorar la unión y el trabajo conjunto de la ½ tapia vieja con la ½ tapia nueva.



Imagen 3.13: Colocación de Malla de fibra de vidrio y de varillas de fibra de carbono

También se dispondrá la malla de fibra de vidrio entre el calicostrado y la masa de tierra compactada. Con el fin de reforzar la unión del calicostrado con la tierra apisonada. La malla se colocará como mínimo cada cuatro tongadas del apisonado, debiendo ser estas de una altura inferior a 10 cm.

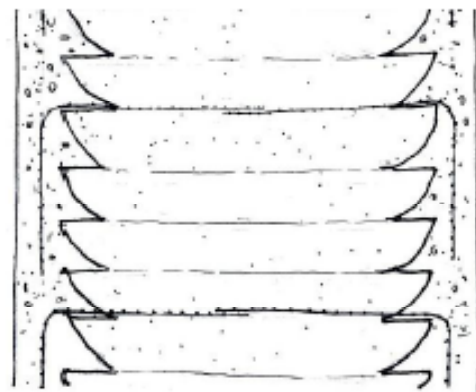


Imagen 3.14; Imagen 3.15; Colocación de Malla de fibra de vidrio entre calicostrado y tierra estabilizada y entre tapia vieja y tapia nueva

Hay que destacar, que cuando se reconstruye un muro de tapia con media hoja desprendida y la tapia antigua quede oculta tras los nuevos paramentos, se dejará una marca en el paramento exterior del muro que nos indica el punto hasta donde llegaba el antiguo muro de tapia.



Imagen 3.16; Incisión en el paramento exterior marcando la existencia de media hoja interior de muro de tapia de tierra calicostrada

Para la diferenciación inequívoca de las zonas de nueva ejecución de las existentes se colocara en el plano de separación y embebidos en la masa unas losas de piedra de pequeña entidad y con una separación lo mayor posible de modo que perfilando el plano de separación se hagan visibles en la observación próxima pero que desde cierta distancia no se aprecien.



Imagen 3.17; Losas de piedra marcando separación entre las zonas de nueva ejecución y las existentes

Como ya se comprobó en las excavaciones arqueológicas, los paños de los muros que separan la sala Medieval del Aljibe son aparentemente de distinta época; Se llega a esta conclusión al comprobar que los muros no están alineados, que los tonos de las tierras de las tapias halladas son diferentes, y que no se siguen el mismo criterio en la posición ni en la forma de los huecos de las agujas encontrados. Para diferenciar estos muros en su reconstrucción, en el muro encontrado al lado más al Oeste, se empleó diferente dosificación que en el resto de muros de tapia de tierra calicostrada buscando un tono más rojizo y más parecido al existente; La dosificación empleada en el calicostrado de éste tramo de muro es de 2 partes de cal por $\frac{1}{2}$ parte de cemento blanco por 3 partes de árido natural de 20 mm de tamaño máximo con canto rodado de la cantera dels Ibarsos por 3 Partes de tierra procedentes de las excavaciones. Por otro lado también se varió la disposición de las agujas respecto a la parte del muro que delimita con el aljibe, manteniendo los mismos criterios que en los restos del muro de tapia calicostrada de tono rojizo encontrados



Imagen 3.18; Resultado obtenido en muro de separación entre sala original y Aljibe

3.4. ACTUACIONES EN LA TORRE SUDOESTE.

3.4.1. ESTADO INICIAL.

La torre Sudoeste está localizada en el extremo sudoeste del Castillo. Apparentemente la torre está formada por un muro de tres hojas: Una primera hoja exterior de mampostería, un muro de tapia de tierra roja calicostrada intermedio y un muro de mampostería ordinaria por el intradós.



Imagen 3.19; Estado inicial exterior torre Sudoeste por su lado Oeste

Las dimensiones exteriores del muro de mampostería son 7,50 m en el lado Oeste, por 3,95 m. en su lado Sur por 5,3 m por su lado Norte. Los espesores de dicho muro de mampostería son variables; En el lado Sur tiene un espesor constante de unos 42 cm. En el lado Oeste tiene un espesor de 169 cm en la parte más al Sur a 213 cm en la parte más al Norte, y el lado Norte tiene un espesor disminuyendo de Oeste a Este de 1,57 m a 1,31 m.

Del muro de tapia de tierra calicostrada se observan restos, y en las tapias inferiores aparecen piedras de mayores dimensiones.

Cabe destacar un acceso existente en lado Oeste de la torre delimitado por un muro de mampostería ordinaria en ambas caras. Más adelante cuando comiencen las excavaciones arqueológicas y se comiencen a desmontar los muros de mampostería se tratará de arrojar algo de luz a dicho pasillo o faltante.



Imagen 3.20; Estado inicial interior de la torre Sudoeste

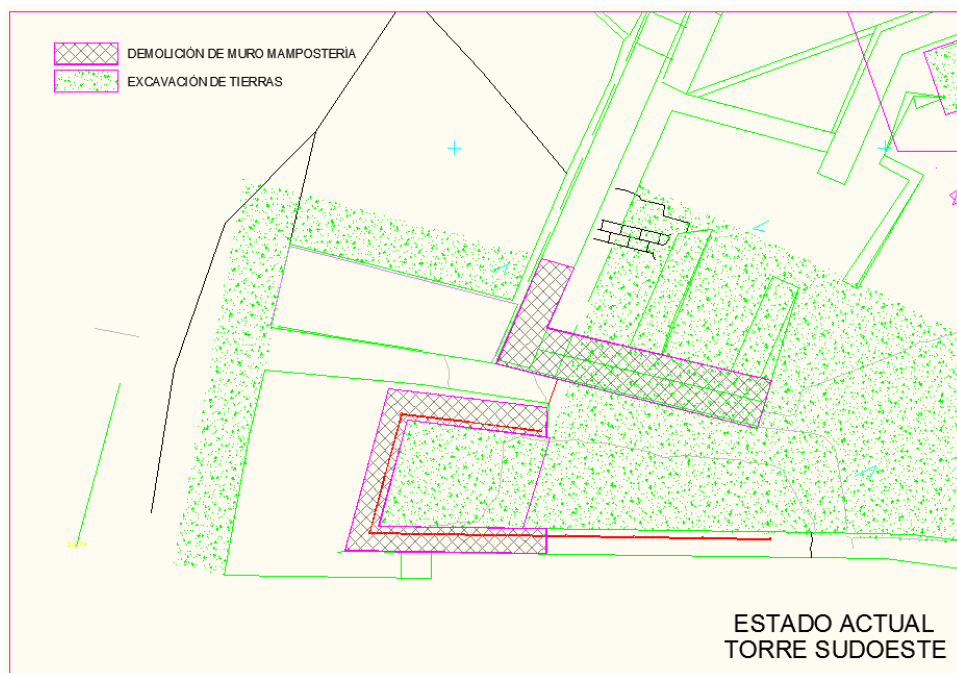


Imagen 3.21; Actuaciones Previas en Torre Sudoeste

3.4.2. ESTUDIOS PREVIOS: ARQUEOLOGÍA

Se comienzan los trabajos de desmontaje y vaciado interior de la torre Sudoeste.

En los lados Norte y Oeste se excava en el exterior hasta localizar el apoyo del muro de mampostería ordinaria sobre la roca de la propia montaña sobre la que asienta el castillo.



Imagen 3.22; Localización cimentación Lado Norte de la Torre Sudoeste



Imagen 3.23; Localización cimentación Lado Oeste de la Torre Sudoeste

En la esquina Sudoeste hay un faltante en la muralla exterior de mampostería, que posiblemente haya sufrido un desprendimiento debido a las condiciones de apoyo de la muralla sobre un terreno tan escarpado



Imagen 3.24; Faltante de muro de mampostería exterior

En el lado Sur de la torre se localizan restos de un muro de tapia de tierra calicostrada sobre una cimentación formada por un muro tapia de mampuestos con hormigón de cal. En el muro de tapia de mampuestos con hormigón de cal, probablemente debido a la erosión falta el hormigón de cal entre los mampuestos.

Tanto en el arranque del muro de tapia de tierra calicostrada como en el muro de tapia de mampuestos con hormigón de cal de la cimentación se localizan perfectamente los huecos donde estaban alojadas las agujas, incluso se localizan restos de las mismas.



Imagen 3.25; Agujas encontradas en restos de muro de tapia de tierra calicostrada



Imagen 3.26; Restos de muro de tapia de mampuestos con hormigón de cal

A la vez que se ha ido desmontando el muro de mampostería en el exterior de la muralla, se comienza la excavación arqueológica por el intradós y también se desmonta el muro de mampostería interior por considerarse impropio.



Imagen 3.27; Vista superior de las tres hojas del muro de la torre Sudoeste



Imagen 3.28; Vista interior de la excavación arqueológica en Torre Sudoeste

Tras las excavaciones arqueológicas en la Torre Sudoeste se descubre:

Un primer muro interior con un espesor variable de entre 43 y 65 cm que es la torre original, está calicostrada únicamente por el trasdós. Podemos decir que se construyó con tapias modulares, que la longitud máxima de tapia es de 1,93 m y que la altura de las tapias oscila entre 75 y 90 cm; se emplearon agujas pasantes de sección rectangular de 7 x 3 cms, y los mechinales de las mismas se taparon con ripios y mortero de cal; el paramento interior de las tapias no estaba calicostrado y actualmente no presenta restos de revestimiento alguno; La tierra es de tonalidad oscura.

Adosados a la torre original encontramos un muro de tapia calicostrada de gran calidad con tierra de tonalidad rojiza, éste muro de tapia de tierra roja tiene un espesor variable entre 90 y 110 cm. envolvía y servía de refuerzo al muro de la torre original. En algunos puntos, como en el lado Oeste, éste muro de tapia roja estaba formado por dos muros de tapia de tierra adosados de aproximadamente 45 cm de espesor

En las excavaciones arqueológicas llevadas a cabo en una anterior actuación sobre la torre Norte, se podía apreciar como el muro de tapia Roja sobrepasaba en altura al muro de la torre original, y coronaba ambos muros.



Imagen 3.29; Muro de tapia roja con dos hojas bien diferenciadas.



Imagen 3.30; Tramo de Muro de tapia roja. Una sola hoja calicostrada por intradós. Espesor 110 cm.

Por otro lado, al desmontar los mampuestos laterales del camino de acceso desde el exterior a la torre Sudoeste, se observa la aparición del calicostrado del muro de tapia original, y aparece una cimentación de mampuestos con hormigón de cal lo que hace indicar que donde actualmente existe un acceso, había un muro de tapia roja que debido a la erosión del agua que buscaba una salida al exterior desde el interior de la torre desapareció.



**Imagen 3.31
Cimentación de muro de tapia de tierra roja**

El muro de tapia roja ha desaparecido por la escorrentía del agua que sale de la torre hacia el exterior.

En las excavaciones en el interior de la Torre Sudoeste, en el encuentro de la torre con La Muralla Norte del Castillo, aparecen restos de muro de tapia calicostrada con forma de almenas, que por un momento hicieron dudar de la presencia de las mismas en las murallas originales del castillo. Tras las investigaciones del arqueólogo se desmintió esta posibilidad, La forma de las tapias encontradas en forma de almenas eran debidas a un capricho de la erosión.



Imagen 3.32; Restos de muro de tapia de tierra calicostrada en tramo Norte del Castillo

3.4.3. PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN. RESULTADOS OBTENIDOS

A la vista de los hallazgos arqueológicos, se cree conveniente mostrar las tres estructuras diferenciadas que componen la Torre Sudoeste del Castillo de Oropesa manteniendo su volumen inicial.

Para favorecer la lectura del conjunto los muros se levantarán a distintos niveles de forma escalonada, quedando el muro de mampostería exterior a una cota más baja y los muros de tapia de tierra a una cota superior. El muro de tapia de tierra roja calicostrada, se elevará ligeramente por encima del muro de la torre original y coronará ambos muros, se creará un paso de ronda que según los restos encontrados en la anterior actuación en la torre Norte coronaban los muros de tapia de Castillo de Oropesa

CONSOLIDACIÓN MURALLA EXTERIOR DE MAMPOSTERÍA Y HORMIGÓN D CAL

En los restos de muro de tapia de mampostería con hormigón de cal recuperados en el lado Sur de la torre Sudoeste, se hace necesario el rejuntado de los mampuestos ya que el mortero entre mampuestos ha desaparecido casi por completo, el rejuntado será ligeramente rehundido.

En la reconstrucción de los muros de mampostería con grandes coqueras o con media hoja desprendida, se volverá a paramentar con el mismo tratamiento de la fábrica base, muro de tapia de mampuesto con hormigón de cal.



Imagen 3.33; Reconstrucción de 1/2 hoja de muro de tapia de piedra con Horm de Cal.



Imagen 3.34; Vista del Lado Sur tras la restauración de la torre Sudoeste.

CONSOLIDACIÓN DE LA MURALLA EXTERIOR DE MAMPOSTERÍA ORDINARIA

En el caso de la reconstrucción de la muralla de mampostería donde no se han localizado restos de estar ejecutados con la técnica del tapial, Alzado Oeste y Alzado Norte, se ejecutarán nuevos muros de mampostería ordinaria, dejando la piedra vista y realizando un rejuntado ligeramente rehundido y cepillado para continuar el mismo criterio de otras intervenciones anteriores.



Imagen 3.35; Ejecución muro mampostería ordinaria en Alzado Oeste de la Torre Sudoeste.



Imagen 3.36; Muro de Mampostería adosado a Muro de Tapia de Tierra Calicostrada.

Las Dosificaciones del mortero de cal tanto para el rejuntado de la mampostería como para la construcción de muros de tapia de mampuesto con hormigón de cal serán: 2 partes de cal por 1 parte de cemento blanco por 3 partes de árido natural de 20 mm de tamaño máximo con canto rodado por 3 Parte de tierra procedentes de las excavaciones

Como ya se ha comentado anteriormente, en la esquina Sudoeste hay un faltante en la muralla exterior de mampostería ordinaria; posiblemente éste faltante sea debido a un desprendimiento debido a las condiciones de apoyo de la muralla sobre un terreno tan escarpado e inclinado.

Se decide crear una cimentación de hormigón armado revestida con un muro de mampostería ordinaria de mortero de cal que a la vez haría de encofrado perdido. Las armaduras serán de acero inoxidable, e irán ancladas a la roca mediante anclaje químico



Imagen 3.37, Imagen 3.38; Ejecución de taladro en la roca y eliminación de restos de la perforación



Imagen 3.39, Imagen 3.40; Fijación de la armadura a la roca mediante anclaje químico.



Imagen 3.41, Imagen 3.42; Montaje del armado, Ejecución Muro mampostería ordinaria y hormigonado.

RECONSTRUCCIÓN DE MURO DE TAPIA DE LA TORRE ORIGINAL.

En algunos tramos del muro de tapia de la torre original, es necesario reconstruir la **cimentación** mediante muro de tapia de mampuestos con hormigón de cal ya que ésta ha desaparecido por completo, también existe el caso de tramos de cimentaciones de tapia de mampuestos con hormigón de cal con media hoja desprendida.



Imagen 3.43. Cimentación del muro de la torre original resuelta con muro de tapia de mampuestos con hormigón de cal.

A la hora de reconstruir la torre original se emplearán los mismos criterios, métodos y materiales que en su construcción original; debemos tener en cuenta que éste muro solo iba calicostrado por el exterior. A la hora de su reconstrucción se emplearán tapias modulares de una longitud máxima de 193 cm formadas por tableros de madera de 193 x 23 cm unidos entre sí mediante una serie de costeros o traveseros, de éste modo se consigue imitar las cejas existentes presentes en los restos de los tapias hallados, La tapias tendrán una altura de 92 cm y un ancho de 65 cm estas dimensiones vienen condicionadas por los restos hallados durante las excavaciones arqueológicas.



Imagen 3.43. Tapiales y Tacos para marcar huecos de agujas en el paramento.



Imagen 3.44. Tapiales en reconstrucción tramo de muro de la torre Original donde se ha perdido 1/2 hoja

Pese al empleo de un encofrado corrido en ocasiones, hemos logrado que en los paramentos se visualicen juntas verticales, como si de una estructura hecha con tapial modular se tratara, colocando tablas allá donde interesaba manifestar la discontinuidad de la fábrica.

Una vez aseguradas las tapialeras, comenzaba el vertido alternando la ejecución de las costras (lenguas de hormigón de cal) sólo por el exterior con el vertido de la de la tierra estabilizada.



Imagen 3.45. Ejecución de costras.



Imagen 3.46. Vertido y apisonado Tierra estabilizada

El hormigón para las costras y las uniones entre las tapias se confeccionará con 2 partes de cal por 1/2 parte de cemento blanco por 5 partes de árido natural de 20 mm de tamaño máximo con canto rodado por 1 Parte de tierra procedentes de las excavaciones.

La tierra empleada en la reconstrucción del muro original, es la procedente de las excavaciones, ésta tierras se amontona, se eliminan las piedras de mayor tamaño, se humedece y se tapará con plásticos. Antes de su puesta en obra La tierra se estabiliza con cal, en una proporción de ocho partes de tierra por una parte de cal. El apisonado de las tierras se realiza mediante pisones manuales, poniendo especial cuidado en las esquinas con un pisón específico para éstas.

En este caso, se emplean agujas de sección rectangular de 7 x 3 cm, pero estas agujas no son pasantes con el fin de no debilitar al muro. Tendrán solo unos cm de longitud para manifestarse en el paramento. Éstos tacos de madera irán cubiertos con mampuesto de piedra para facilitar su posterior retirada. Con todas éstas acciones mantendremos los mismos criterios en la reconstrucción que los que se utilizaron en la construcción de la torre original.



Imagen 3.47. Tacos de madera para imitar a las agujas originales en el paramento cubiertos con mampuestos.

La coronación de los muros de tapia original no se resolverá de ninguna manera en especial, pues el muro de tierra rojo lo sobrepasará en altura y coronará ambos



Imagen 3.48. Coronación muro de tapia negro

En el caso de tener que reconstruir muros de tapia con grandes coqueras o con media hoja desprendida, se volverán a paramentar con el mismo tratamiento de la fábrica base, es decir muro de tapia de tierra calicostrada a una cara con tapialera a dos caras. Con el fin de asegurar la unión de la parte reconstruida de un muro de tapia con los restos del muro de tapia antiguo hallados y con el fin de mejorar el trabajo conjunto, es recomendable colocar varillas de fibra de carbono en la unión de la la ½ tapia vieja con la ½ tapia nueva. También se dispondrá en esta unión una malla de fibra de vidrio.

También se dispondrá la malla de fibra de vidrio entre el calicostrado y la masa de tierra compactada. Con el fin de reforzar la unión del calicostrado con la tierra apisonada. La malla se colocará como mínimo cada cuatro tongadas del apisonado, debiendo ser estas de una altura inferior a 10 cm.

El intradós de la torre original, no va calicostrado, La tierra estabilizada le da un acabado excesivamente liso pero con unas tonalidades impensables. Con toda seguridad, el acabado excesivamente liso pronto cambiará su aspecto envejeciendo a causa de la erosión.



Imagen 3.49. Resultado final de la reconstrucción del muro original. Paramento con tierra estabilizada, donde se pueden ver los mampuestos que envuelven los huecos de las agujas.

RECONSTRUCCIÓN DE MURO DE TAPIA ROJA, CALICOSTRADA QUE SIRVE DE REFUERZO A LA TORRE ORIGINAL.

Como ya hemos comentado, en las excavaciones arqueológicas se recuperaron restos de un muro de tierra de tono rojizo calicostrada por el exterior, que estaba adosado a la torre Original. Éste muro de tapia de tonalidad rojiza tenía un espesor de 87 cm en el lado Sur de la torre Sudoeste y de 110 cm en los lados Oeste y Norte de dicha torre. Se encontraron tramos donde existe $\frac{1}{2}$ hoja de muro de tapia de tierra de tonalidad rojiza desprendida, y tramos donde dicho muro ha desaparecido por completo, El mal estado actual de los muros de tapia pueden ser debido a la erosión del agua o incluso debido a las numerosas batallas libradas en el Castillo e Oropesa a lo largo de toda su historia.

Éste muro de tapia de tierra de tonalidad rojiza, está únicamente calicostrado por el extradós, ya que se construyó contra el muro de la torre original como refuerzo del mismo.

En las primeras tongadas, el muro de tapia tierra de tonalidad rojiza quedará oculto entre el muro de mampostería ordinaria exterior, y el muro de la torre original, por lo tanto, para la ejecución de las primeras tapias de éste muro no precisamos de encofrado. Para que el muro de la torre original y el muro exterior de mampostería ordinaria nos sirvan de encofrado perdido, será necesario llevar más adelantada la construcción del muro de mampostería ordinaria exterior, y del muro de la torre original.

En el arranque en el caso de necesidad de reconstrucción de media hoja de Tapia de muro de tierra roja, con el fin de reforzar la unión del calicostrado con la tierra apisonada, y la unión de la media hoja de muro de tapia nuevo con la media hoja de muro de tapia existente se dispondrá una malla de fibra de vidrio entre el calicostrado y la masa de tierra compactada y varillas de fibra de carbono entre las $\frac{1}{2}$ hoja nueva y la $\frac{1}{2}$ hoja vieja

También se dispondrá la malla de fibra de vidrio entre el calicostrado y la masa de tierra compactada. Con el fin de reforzar la unión del calicostrado con la tierra apisonada. La malla se colocará como mínimo cada cuatro tongadas del apisonado, debiendo ser estas de una altura inferior a 10 cm.

Como ya hemos comentado anteriormente para favorecer la lectura del conjunto los muros se levantarán a distintos niveles de forma escalonada, quedando el muro de mampostería exterior a una cota más baja y los muros de tapia de tierra a una cota superior. El muro de tapia de tierra de tonalidad rojiza, se elevará ligeramente por encima del muro de la torre original y coronará ambos muros creando una solera que será la base para reproducir el paso de ronda que según los restos encontrados en una anterior actuación en la torre Norte coronaban dichos muros de tapia. Por lo que en cuanto la cota del muro de tapia de tierra roja supere al muro exterior de mampostería ordinaria, será necesario montar un tapial por el extradós del muro, y cuando se

pretenda coronar el muro de tapia roja coronando también el muro de la torre original, será necesario el montaje de un tapial a dos caras.

Se decide no dejar juntas constructivas entre los tapiales, ejecutando la tapia corrida de una sola vez.

En el momento que sea necesario encofrar por el trasdós, se montan las tapialeras para unas tapias de 198 cm de longitud por una altura de 92 cms y para un grosor de la tapia variable de 87 cm en el lado Sur a 110cm. Las tapialeras están formadas por tableros de madera de 198 x 21 cm unidos entre sí mediante una serie de costeros o traveseros, de este modo se conseguirá reproducir las cejas horizontales y las juntas entre tapiales presentes en los restos de los tapiales hallados.



Imagen 3.50. Tapias de la tapia roja solo por el exterior

Se emplearán agujas de sección rectangular de 7 x 3 cm, a distancias entre 48 y 57 cm. pero estas no serán pasantes. En el trasdós se presentará un taco de madera de la misma sección que la aguja 7 x 3 cm. pero tan solo de unos cm. de longitud para que se manifestara en el paramento exterior, El criterio de colocación de las agujas se basa en los huecos de las agujas hayados, con todas éstas acciones mantendremos los mismos criterios en la reconstrucción que los que se utilizaron en la construcción original de Los muros de tierra de tonalidad rojiza originales.

Una vez aseguradas las tapialeras, comenzara el vertido alternando la ejecución de las costras en el paramento exterior con el vertido de la de la tierra.



Imagen 3.51. Vertido y apisonado de la tierra

El hormigón para las costras se confecciona con 2 partes de cal por $\frac{1}{2}$ parte de cemento blanco por 5 partes de árido natural de 20 mm de tamaño máximo con canto rodado de cantera por 1 Parte de tierra procedentes de las excavaciones.

La tierra empleada para los muros de tapia de tierra calicostrada es la procedente de las excavaciones, ésta tierra se amontona, se eliminan las piedras de mayor tamaño, se humedece y se tapan con plásticos. El apisonado de las tierras se realizó mediante una bandeja vibratoria en este caso, ya que las dimensiones de la tapia lo permitían.

Una vez retirados los encofrados, es necesario cepillar las superficies vistas con un cepillo de plástico hasta la aparición en el paramento del árido grueso, y paliar en la medida de lo posible el llamativo efecto de obra nueva, favoreciendo su integración en el entorno.

En la actuación anterior, en la Coronación de la torre Norte, se hallaron restos que indicaban que el muro de tapia de tierra de tonalidad rojiza se elevaba ligeramente por encima del muro de la torre original y coronaba ambos muros creando una gran superficie de muro de tapia de tierra de tonalidad rojiza calicostrada por ambas caras y de aproximadamente 21 cm. de altura. Sobre esta coronación se hallaron también restos de una solera formada por un muro tapia de mampuestos con hormigón de cal de aproximadamente 21 cm. de altura y sobre esta solera, se encontraron restos del arranque de otro muro de tapia de menor sección formando un antepecho, creando todo el conjunto un paso de ronda que se pretende reproducir también en la Torre Sudoeste.



Imagen 3.52. Excavaciones arqueológicas llevadas a cabo en una anterior actuación en la torre Norte.



Imagen 3.53. Reconstrucción de la torre original en la Torre Norte, Coronación de los dos muros mediante tapia de tierra calicostrada. Y la solera de 21 cm de espesor de muro de mampuestos con hormigón de cal

En ésta intervención llevada a cabo en la Torre Sudoeste del Castillo de Oropesa, se pretende reproducir los elementos originales, sin crear ningún falseo histórico que pueda provocar confusiones en la interpretación de las ruinas y las reconstrucciones. Se decide recrear el paso de ronda, según la interpretación de los hallazgos arqueológicos de la torre Norte. El muro de Tapia de Tierra Roja coronará sobre él mismo y sobre el muro de tapia de tierra original, Esta coronación tiene 21 cm. De altura. Sobre esta coronación se crea una losa a modo de pavimento formada por un muro de tapia de mampuestos con mortero de cal de también 21 cm. De altura, Y todo esto se remata con un antepecho de 42 cm de grosor y una tapia de altura formado por un muro de tapia de tierra calicostrada a dos caras , reproduciendo así el paso de ronda.



Imagen 3.54. Diferentes secciones de acabados de muros



Imagen 3.55. Paso de Ronda en Torre Sudoeste



Imagen 3.56. Vista Interior Torre Sudoeste



Imagen 3.58. Vista exterior Alzados Sur y Oeste de la Torre Sudoeste



Imagen 3.59. Vista exterior Alzado Norte de la Torre Sudoeste



Imagen 3.60. Vista Exterior. Alzado Sur de la Torre Sudoeste

3.5. CONSOLIDACIONES EN LA TORRE NORTE

En la Torre Norte del Castillo de Oropesa encontramos unos fragmentos de enlucido sobre un tapial, que presentan unas incisiones seriadas en distintas direcciones, formando unas especies de espigas. Se asemejan a las muescas producidas para el agarre de un nuevo tendido, pero su sección redondeada -en lugar de las aristas fragmentadas que se producen con golpes bruscos y aleatorios para el agarre- y la estudiada dirección de las seriaciones, bien podrían responder a alguna suerte de decoración. No siendo nuestra competencia en este momento determinar su naturaleza, nos limitaremos a consolidarlo y conservarlo para el futuro.

El estado en que encontramos el enlucido es, cuanto menos, preocupante: se aprecia en un primer vistazo que ha existido algún movimiento interno que ha reventado la superficie y han desaparecido fragmentos de los distintos niveles de fábrica; Los posibles movimientos han desplazado a diferentes niveles los diferentes fragmentos provocados en la placa del enlucido; también se aprecia fácilmente la desaparición de una parte de dicho enlucido de considerable tamaño; el suelo bajo el enlucido aparece lleno de pedazos de enlucido, de morteros, piedras, tierra y plantas; sobre algunas superficies encontramos ampollas sólidas aparentemente de migraciones de sales insolubles, y con una inspección más detallada, encontramos restos de papeles, cintas adhesivas de papel, algodones, y de películas de resinas en superficie.



Imagen 3.61. Estado inicial. Faltantes en las diversas capas de la fábrica



Imagen 3.63. Estado inicial del paramento; diferentes niveles



Imagen 3.63. Apecto inicial del paramento faltante central.



Imagen 3.64. Aspecto del borde de la rotura



Imagen 3.65. Restos de Mortero y enlucidos. Vegetación



Imagen 3.66. Ampollas provocadas por migración de sales

Aunque sería necesario conocer las técnicas y materiales usados en una reciente intervención que se realizó, no tenemos esa información, por lo que nos basaremos en análisis organolépticos y nuestra experiencia.

Así, procedemos a inspeccionar minuciosamente la superficie. Comenzamos por efectuar un barrido del conjunto mediante brochas suaves, y comprobamos que hay depósitos de barro generalizados, que procedemos a eliminar con escalpelos para apreciar el aspecto del elemento. Eliminamos también los restos de fibras adheridos (que suponemos responden a un engasado de protección que se aplicó en la intervención anterior para evitar pérdidas de acabado en la manipulación, pero que no se eliminó con la suficiente minuciosidad) ya que suponen pequeños focos de atracción y acumulo de humedad.



Imagen 3.67. Imagen 3.68. Restos de fibra adheridos



Al intentar eliminar estos restos, vemos cómo están adheridos con una resina, pero que ésta se extiende en forma de lámina sobre los alrededores; y conforme continuamos trabajando, comprobamos que se encuentra generalizado cubriendo toda la superficie, excepto allí donde se ha reventado y desprendido por los procesos inevitables. Se trata probablemente de una capa de resina acrílica, aplicada a una elevada concentración (diríamos que entre un 25-35 %), lo cual perjudica sobremanera la conservación del paramento, pues minimiza la transpiración del mismo y puede provocar ampollas (que posteriormente pueden reventarse y producir pérdida de fragmentos, y lagunas más o menos grandes) y roturas a modo de grietas o cráteres – como ya está sucediendo, debido al empuje de las sales que migran desde el interior-, además de haberse adherido al material menos cohesionado, arrastrándolo en su retirada. También encontramos pequeñas zonas ennegrecidas en superficie, tal vez debido a combustiones cercanas, ya que no responden aparentemente a ningún tipo de decoración, y se encuentran adheridas a la película de resina. En algunos puntos aparecen pegotes más concentrados de esta resina, que pudiera deberse a escorrentías de inyecciones de la misma, pero no encontramos restos internos ni orificios de entrada de dichas inyecciones.



Imagen 3.69. Láminas de resina semiadheridas; zonas ennegrecidas



Imagen 3.70. Abundancia de restos de resina



Imagen 3.71. Pegotes de resina sobre grietas en el mortero



Imagen 3.72. Detalle resina y grietas



Imagen 3.73. Resinas ennegrecidas o sobre negros

Procedemos a continuación a estudiar el estado y naturaleza de los morteros de intervención y sacrificio aplicados. Vemos que existe un mortero con árido de diversa granulometría, y otro cribado, muy fino. Los rascamos para determinar su dureza y compacidad, y comprobamos que sólo el fino permite la incisión con bisturí, pero en los puntos de mínimo grosor, donde además, ha sido superpuesto a la superficie original (incluso en alguna zona cubriendo por completo un fragmento). Allí donde el grosor es mayor, no es fácil incidir en él, pero con el uso de pequeñas gubias y otras herramientas, podemos tomar un fragmento y analizarlo, y comprobamos que su composición es básicamente resina y polvo de árido (suponemos que se trata de resina

acrílica en agua, probablemente tipo Primal AC33). Lo alarmante es que la concentración de dicha resina es muy elevada, lo que confiere al mortero una falta de porosidad, una dureza e impermeabilidad perjudicial para la libre transpiración y movilidad de los materiales de la obra. El taco es entre rígido y gomoso, y el color es similar al barro circundante, por lo que se mimetiza bien en el entorno. Esta característica, unida a la aplicación sobre el original, dificulta las tareas de eliminación del mortero, en tanto en cuanto que complica su identificación en ocasiones. FOTO 113 ó 139/40



Imagen 3.74. Aspecto del mortero fino y resinoso



Imagen 3.75. Eliminación del mortero con gubias



Imagen 3.76. Aspecto del enlucido donde se adivina un mortero añadido.



Imagen 3.77. Grieta que escondía el mortero añadido, superpuesto y mimetizado

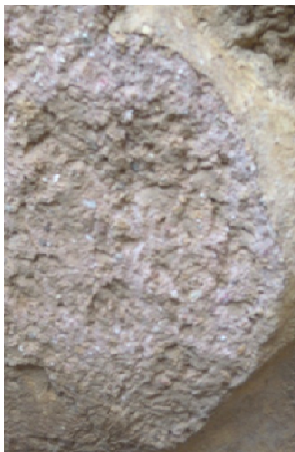


Imagen 3.78. Placa de enlucido sin grieta interior aparente



Imagen 3.77. Grieta escondida en la placa de enlucido

En cuanto al otro mortero, su dureza es tal que no es posible retirarlo o romperlo ni siquiera con pequeños cinceles, y hemos de recurrir a fresas de distintas durezas usadas con un micromotor de alta velocidad, combinándolas con discos de corte, de tronzar, y otros accesorios. Aparentemente se trata de un mortero en el que se han combinado granulometrías de áridos y gravillas (lo que aumenta su dureza) con una proporción elevada de cemento blanco (no podemos decir si también cal) y la adición de una resina en masa (probablemente la misma usada en el otro mortero), con lo que el resultado es un material de elevada dureza, nula capacidad de movimiento, mínima transpirabilidad, y desde luego ninguna posibilidad de actuar de mortero de sacrificio rompiéndose preferentemente ante cualquier movimiento antes de que lo haga el original. En muchos puntos el movimiento ha separado el original del de intervención. Así, es fácil deducir lo que ha provocado que el fragmento original que ha desaparecido del centro lo haya hecho al ceder antes que el añadido, por ser mucho más frágil, y no haber actuado el mortero de sacrificio del modo que se espera de él, debido a su errónea composición. El color de este mortero es blanquecino, pero ha sido integrado aplicando color a la resina de superficie, o se ha ido mimetizando con escorrentías de barro.



Imagen 3.80. Aspecto del mortero duro y rígido



Imagen 3.81. Muestras donde se aprecian los grosores de los aridos



Imagen 3.82. Trozo de mortero adherido a la tierra de tapial.



Imagen 3.83. Mortero de intervención separado del original

Puntualmente encontramos otro mortero similar en aspecto al anterior, pero de una consistencia y dureza muy inferior, generalmente combinados, por lo que la retirada de uno provoca el arrastre del otro.

Una vez eliminada una parte del mortero, vemos que el hueco posterior es considerable, tanto en extensión como en profundidad, pero lo más llamativo es que el hueco se abre hacia abajo en el fondo, con lo que su propia idiosincrasia hubiera permitido inyectar y colmatar toda la oquedad con mucha facilidad, y sin embargo aparece sin relleno, con el peligro añadido que eso supone.



Imagen 3.84. Trasera del enlucido hueca y sin relleno.



Imagen 3.85. Otro hueco posterior bajo otro mortero de intervención.



Imagen 3.86. Detalle del hueco posterior, que se extiende hacia abajo



Imagen 3.87. Otra muestra de placas sin colmatar por detrás

Hemos de eliminar entonces todos los morteros añadidos en la anterior intervención, ya que hemos visto que son perjudiciales para la conservación de la obra. Retiramos primero una parte de una de las áreas, para examinar el trasdós de las placas, ya que pudiera ser que se necesitara reforzar la inyección anterior efectuada, ya que al golpear dichas placas suena a hueco. Cuando eliminamos el mortero de los bordes, vemos que el reverso está, en efecto, hueco. En algunas zonas encontramos tierra, totalmente suelta, que cae incluso por simple gravedad.

Puesto que hemos de rellenar estos espacios –si queremos evitar inevitables caídas ante cualquier mínimo golpe- procedemos a continuar retirando los morteros de los bordes, pero comenzamos por las partes superiores de las distintas áreas, para que los inferiores sirvan de parapeto e impidan la salida del material de inyección.

En la zona superior, sin embargo, el mortero no se limita a los bordes: han compactado una larga grieta con el mortero, creando un bloque considerable por la profundidad que poseía, con la consiguiente multiplicación de su dureza, y cuya eliminación nos causa serios problemas. Con sumo cuidado –para no reventar el material original circundante, muy frágil - y mucha paciencia, retiramos la mole de mortero que rellena la grieta, y que deja –por fin- al descubierto una trasera hueca. La anchura de la grieta no era tanta como puede pensarse por la del mortero de intervención, que se extendía más allá de la misma, y se superponía al original, e incluso a un buen trozo de papel de protección que daba la vuelta al borde de la grieta.



Imagen 3.88. Grieta superior tapada con mortero . (Y mimetizada)



Imagen 3.89. Tramaño de la grieta bajo el mortero, profundidad importante

Continuando con las tareas de eliminación de morteros, nos topamos con puntos especialmente rígidos, y de aspecto más “cerámico”; resbalan a bisturís y escalpelos, generan chispas ante escaples y discos de corte (que no logran penetrar en profundidad), y crean superficies especulares con el rozamiento de muelas de abrasión, algunas de las cuales se ponen al rojo vivo.



Imagen 3.90. Pegote más rígido que los materiales de alrededor



Imagen 3.91. Discos de tronzar al rojo vivo



Imagen 3.92. Aspecto de los pegotes epoxídicos tras muelas abrasivas



Imagen 3.93. Rascados infructuosos con bisturí sobre resinas epoxis

Lo curioso de estos fenómenos, es que coinciden exactamente con las respuestas que se producirían ante la presencia de resinas epoxídicas. Estas son resinas de dos componentes, que se encuentran entre las de mayor dureza del mercado; y si bien su uso está extendido y su eficacia demostrada para consolidaciones estructurales de materiales pétreos densos y duros, y para adhesiones y cosidos de los mismos, la utilización en enlucidos, morteros leves y fábricas de tierra, no sólo no existe constancia de que se haya dado, sino que la propia lógica la desestima por ineficaz, e incluso perjudicial, por motivos obvios. Además, la presencia de estas “posibles” resinas epoxis, la encontramos en lugares insólitos: entre los morteros de los bordes o en forma de pegotes aislados sobre una superficie original. Estas ubicaciones son muy extrañas, por lo que hemos barajado la posibilidad de que se tratara de inyecciones puntuales (y escasas a juzgar por la cantidad de restos) de resinas epoxídicas de inyección, aplicadas erróneamente para intentar consolidar la placa de enlucido, que por algún motivo hubieran migrado a la superficie, aprovechando alguna fisura, o con motivo de una excesiva dilución en solvente que hubiera arrastrado al exterior las partículas de la resina; pero la ausencia de perforaciones a propósito de las inyecciones, han de obligarnos a desechar tal teoría. De hecho, la única muestra de inyección de cualquier tipo en todo el elemento, la encontramos en un solo punto, y creemos que se trata de inyección de mortero PLM (mortero comercial libre de sales y de escaso peso para consolidación de morteros artísticos), en forma de prueba, pues no hemos hallado más de un centímetro de este material de consolidación en todo el paramento. De hecho, en el hueco inmediatamente inferior a esta pequeña inyección, aparece sin restos de ningún producto y con presencia de tierra suelta.



Imagen 3.94. Imagen 3.95: Fragmento que porta inyección de Mortero. Probablemente PLM.

Toda la capa de resina en superficie la eliminamos por completo mediante bisturíes, y ayudándonos de empacos de disolvente en algunas zonas más abruptas, al igual que que para algunos trozos de mortero gomoso.



Imagen 3.96: Empacos de acetona para retirar resina



Imagen 3.97: Eliminación de morteros reblandecidos con disolventes

Una vez eliminados –en la medida de lo posible- los materiales y productos aplicados, procedemos a la inyección de los huecos del reverso –tras el barrido y soplado/aspiración del polvo y tierra contenidos en los mismos- con la siguiente seriación:

- agua/alcohol para la humectación y la localización de posibles fugas.
- Peoval al 1'5 % para facilitar la capilaridad y promover la adhesión de las partículas de tierra entre sí, varias aplicaciones.
- Peoval al 2'5 % para facilitar la capilaridad y promover la adhesión de las partículas de tierra entre sí, varias aplicaciones.
- lechada de cal hidráulica (fragua sin presencia de aire) al %, con una adición del 2% de Peoval (que interacciona y aumenta las propiedades hidráulicas); varias aplicaciones aumentando ligeramente la proporción de cal cada vez.
- mortero fluido de tierra cribada y cal hidráulica (4:1) con 1 % resina, con tantas repeticiones como admitía cada hueco.



Imagen 3.98: Humectación interior de grietas



Imagen 3.99: Humectación generalizada antes de aplicar materiales



Imagen 3.100: Inyección resina diluida.

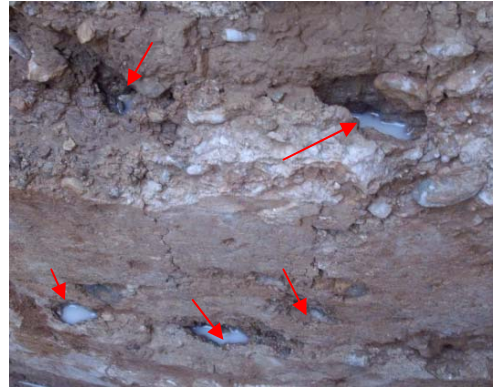


Imagen 3.101: Colmatación de los huecos.



Imagen 3.102: Inyecciones de cal hidráulica



Imagen 3.103: Inyecciones de cal en huecos mayores mediante mangueras

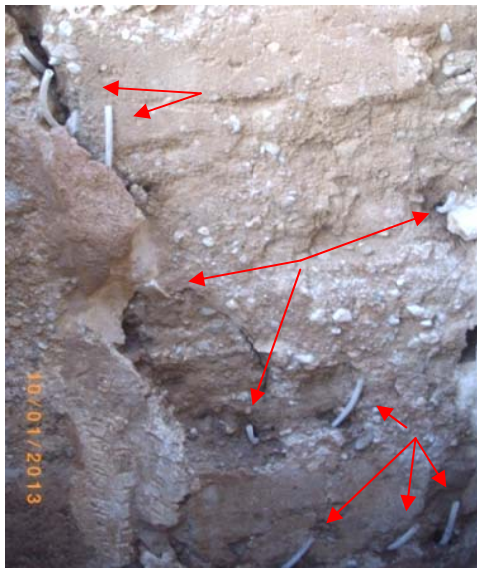


Imagen 3.104: Inserción de mangueras en los huecos para inyectar



Imagen 3.105: Vertido de dispersión de resinas.



Imagen 3.106: Vertido de mortero de inyección.



Imagen 3.107: Colmatación de huecos

Tras las inyecciones, procedemos a sellar los huecos con mortero de cal (arena, tierra y cal aérea), y a rellenar las fisuras, grietas y oquedades con el mismo.



Imagen 3.108: Rellenado de huecos.



Imagen 3.109: Aplicación de mortero plano a Bajo Nivel.

Los huecos de mayor tamaño los rellenamos con mortero de tierra sin cribar, arena, cal hidráulica y resina al 1'5% (6:2:1). Las superficies amplias entre placas de enlucido, las enlucimos a bajo nivel, respetando las diferentes capas de la fábrica, y posteriormente protegemos los bordes del enlucido original con mortero de asiento y sacrificio.



Imagen 3.110: Aplicación de mortero en Bordes.

Las pequeñas entradas de agua, grietas, y morteros de sacrificio y unión se componen de tierra cribada, arena y cal aérea envejecida (3:4:1), y los aplicamos cuidando que no se superpongan a los enlucidos originales, pero que queden perfectamente adheridos a sus bordes, sin dejar pequeños huecos, y evitando las fisuras mediante una correcta humectación previa y posterior.



Imagen 3.111: Humectación posterior de los morteros añadidos

Los restos de tapial se encuentran en un estado lamentable, provocado en buena parte por una mala técnica de fabricación, y empeorado por el hecho de haber perdido el recubrimiento, estar expuesto a las inclemencias del tiempo, y tal vez por haber sufrido una intervención perjudicial. Tanto las capas de tierra como las de cal se desprenden ante el más mínimo roce, e incluso sin éste, simplemente con movimientos cercanos, y las posibilidades de una consolidación satisfactoria y una conservación duradera son mínimas.

Para tratar estas zonas, nos limitaremos a una impregnación repetida y muy diluida de resina, el sellado de las oquedades que pudieran dirigir el agua líquida a su interior (mortero de tierra cribada y cal envejecida, 6:1) y la aplicación de una capa hidrófuga final que lo preserve de los arrastres de la lluvia y de los excesos de entradas de agua por contacto para minimizar los movimientos de sales solubles.



Imagen 3.112: Aspecto del tapial disgregado y con múltiples entradas de agua.



Imagen 3.113: Impregnación de resina muy diluida en el tapial

Una vez sustituidos los morteros de intervenciones anteriores, inyectadas y selladas las oquedades, y eliminadas las concreciones, suciedades y resinas de superficie, retocamos someramente los colores de algunos puntos (con pigmentos minerales disueltos en aguacal) para facilitar una correcta lectura de conjunto, y aplicamos una mano de hidrofugante al agua (Silo 112) para proteger la obra del contacto excesivo con el agua del exterior, permitiendo la salida de la interior, además de remarcar las diferencias tonales de los distintos materiales.

IMÁGENES DE LAS CONSOLIDACIONES REALIZADAS



Imagen 3.114:



Imagen 3.115:



Imagen 3.116:



Imagen 3.117:

IMÁGENES DEL PROCESO EVOLUTIVO DE LAS CONSOLIDACIONES



Imagen 3.121: Antes



Imagen 3.122: Durante



Imagen 3.123: Después



Imagen 3.124: Antes



Imagen 3.125: Durante



Imagen 3.126: Después



Imagen 3.127: Antes



Imagen 3.128: Durante



Imagen 3.129: Después



Imagen 3.130: Antes



Imagen 3.131: Durante



Imagen 3.132: Después



Imagen 3.133: Antes

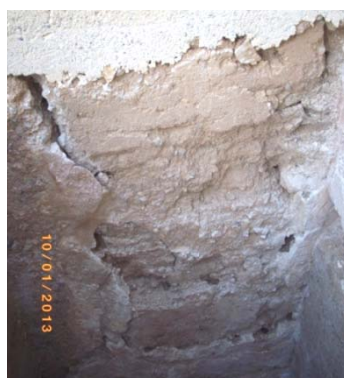


Imagen 3.134: Durante



Imagen 3.135: Después

3.6. RESULTADOS OBTENIDOS. CONTROL DE CALIDAD

Como ya se ha comentado, la construcción en tierra ha sido la gran olvidada en la normativa y en el CTE. Hoy en día en el estado Español no hay ninguna normativa o recomendación en el uso de las tierras en los muros de tapia.

Es el Piet-70, desarrollado por el Instituto Eduardo Torroja en las “Prescripciones sobre Obras de Fábrica”, la que más ha detallado las propiedades de la tierra para ser utilizada en tapia y adobe. Pero desde entonces no ha habido más normativa de referencia más allá de las de obras públicas y en particular de carreteras, hasta que muy recientemente se ha aprobado la Norma UNE 41410: “Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo” para la construcción con Bloques de Tierra Comprimida.

En España la normativa referente a la tierra se encuentra actualmente en proceso de Redacción. En 2010 AENOR publicó la norma UNE 41410:2008 sobre las definiciones, especificaciones y Métodos de ensayo de los bloques de tierra comprimida. Posteriormente se desarrollarán las UNE de adobe y tapial. Asimismo a través del Ministerio de la Vivienda y el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja se está elaborando un documento como guía para el cumplimiento del Código Técnico de la Edificación en las construcciones en tierra.

3.6.1. METODOLOGÍA DEL CONTROL DE CALIDAD DE LOS MUROS DE TAPIA DE TIERRA:

Se realizarán pruebas y reconocimientos en laboratorio en las que se caracterizará la tierra, y por otro lado una vez construidos los muros se realizarán ensayos sobre el mismo para conocer la densidad del muro y el grado de compactación logrado, asegurando que está dentro del límite establecido como aceptable. Así pues las pruebas serán las siguientes:

ENSAYOS DE LABORATORIO:

- Análisis granulométrico de suelos por tamizado. Según UNE 103101/95
- Conocimiento de la plasticidad de la tierra mediante Determinación de los límites de Atterberg. Según UNE103103/94/103104/93
- Determinación del contenido de materia orgánica oxidable de un suelo por el método del permanganato potásico. Según UNE 7368/77
- Proctor Modificado. (Compactación mediante maza automática). Según UNE 103501/94. A través de él es posible determinar el grado óptimo de humedad para la puesta en obra de la tierra, y la compactación máxima de un terreno en relación con su grado de humedad.
- Rotura de probetas a compresión simple (NLT 305:90)

ENSAYOS IN SITU SOBRE EL MURO YA CONSTRUIDO:

- Determinación de la densidad y humedad in-situ por isótopos radiactivos Según ASTM D2922/81 ANSI/ASTM D3017/78. Con éste ensayo se determinarán los grados de compactación y densidades logrados, en el número de penetraciones que determine la dirección facultativa (5 en éste caso), para ser contrastados con los resultados obtenidos en el laboratorio.

3.6.2. PREPARACIÓN DE LA TIERRA, SU CARACTERIZACIÓN Y CRITERIOS DE ACEPTACIÓN

La tierra prevista emplear será, en principio, la procedente de las excavaciones arqueológicas, Si estas tierras no fuesen adecuadas se deberán aportar las tierras adecuadas, que deberán ser aprobadas por la DF

La tierra extraída de las distintas zonas a excavar, y que reúnan aparentemente condiciones, se trasladará a una zona de acopio para su preparación. Esta preparación consistirá en :

- Retirada de materia vegetal y de restos de vegetación
- Retirada de guijarros y gravas de diámetros superior a 50 mm.
- Retirada de restos de morteros u hormigones.
- Mezclado de las tierras procedentes de las zonas de excavación hasta conseguir un producto homogéneo.

Se verificará que el material está debidamente homogenizado mediante la toma de tres muestras y la realización en laboratorio de su caracterización en cuanto a granulometría, plasticidad y contenido de materia orgánica. Si los resultados de las tres muestras recogidas ofrecieran resultados dispares se considerará que la tierra no es homogénea se volverán a realizar los trabajos de mezcla y se repetirán los ensayos. Si los resultados dieran nuevamente negativos se repetirá el procedimiento hasta lograr un producto homogéneo.

Si tras la caracterización de las tierras homogenizadas se observase que no reuniera condiciones para ser empleada para el levantamiento de tapias se desechará. Se considerará que la tierra no reúne condiciones adecuadas en los siguientes casos:

- Si la granulometría es en tal grado discontinua que, a criterio de la DF, se desaconseja su empleo se realizará el aporte externo de tierras.
- Si la tierra no tiene plasticidad alguna o el contenido de arcilla es inferior al 5% en peso del total de la mezcla.
- Si el porcentaje de materia orgánica es superior al 2% en peso de la mezcla.

En el caso de requerir correcciones granulométricas o la adiciones de aglomerantes la DF determinará sus porcentajes, método de mezclado y consideraciones técnicas a tener en cuenta. Una vez obtenido un producto homogéneo se procederá a realizar el ensayo granulométrico por sedimentación, a la realización del ensayo próctor y a la determinación del comportamiento a compresión de 4 probetas, una de las cuales se realizará en un grado de compactación del 94% de del proctor, y finalmente a la elaboración de las gráficas mencionadas.

3.6.3. CONDICIONES DE ACEPTACIÓN

Durante los trabajos de apisonado se realizaran determinaciones de la densidad de la tierra apisonada y del grado de compactación logrados mediante el método isotopos radiactivos (según ASTM D2292-81 y ANSI/ASTM D3017-78).

Se establecen un total de 2 ensayos con 5 comprobaciones cada uno. Cada ensayo se realizará sobre tramos de muro de entre 2 y 4 metros de longitud.

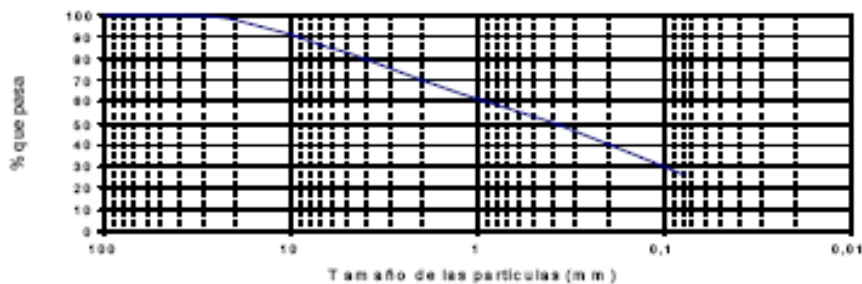
Serán aceptados los trabajos que, al menos 4 de las 5 comprobaciones den una compactación igual o superior al 94% del ensayo proctor, siempre que la restante de superior al 90%. En el caso que los resultados no ofrezcan, al menos, estos resultados la DF podrá ordenar la demolición del tramo del muro realizad

3.6.4. RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS ENSAYOS

MUETRAS 1206429MG Determinación de los límites de Atterberg, Análisis Granulométrico de suelos por tamizados y Determinación de materia orgánica oxidable de un suelo por el método del permanganato potásico

 AT.control INGENIERIA-CAUDADO-MEDIO AMBIENTE		ACTA Nº 1210501 RESULTADOS DE ENSAYOS MODALIDAD DE CONTROL: CO (CONTROL DE CALIDAD DE OBRA CIVIL)																																																						
Avda. Hermanos Bou, 171 Tel: 964.781150 / 781111 atcontrol@grupo-atcontrol.com		Castellón CIF: A12042420 www.grupo-atcontrol.com																																																						
Petitioner: 026321 - Arco 10 Obras y Servicios de Levante, SL		Dirección: C/ Santa Pola, 23 - A.4º H. Moncofar (Castellón)																																																						
CIF: B12846333		S/ref: *****																																																						
Hoja 1 de 2		Obra: 120579 - Consol.Torre Sudoeste Castillo Orpesa																																																						
DATOS DE LA MUESTRA: TIPO: 11.30.SUELOS AREA V8G																																																								
PRESUPUESTO: P120793																																																								
MODALIDAD DE MUESTREO: ML (Muestreo por el Laboratorio)		CODIGO MUESTRA: 1206429MG																																																						
OPERADOR: Agustín Ramos Branchadell		ENSAYOS REALIZADOS POR: JPA, OPC																																																						
TOMA DE MUESTRAS SEGÚN: UNE 103103/94 / 103104/93		FECHA DE ENCARGO: 07/11/2012																																																						
OBRA O LUGAR DE RECOGIDA: Acopio en obra		FECHA MUESTREO/RECEPCIÓN: 07/11/2012																																																						
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: Suelo para fabricación de tapal		FECHA REGISTRO: 13/11/2012																																																						
CANTIDAD: 60,00 Kg		FECHA INICIO ENSAYOS: 08/11/2012																																																						
CODIGO INTERNO EN OBRA: MH01		FECHA FINAL ENSAYOS: 13/11/2012																																																						
PROCEDENCIA/FABRICANTE: Sin datos		FECHA DEL ACTA: 16/11/2012																																																						
ENSAYO: 11.30.6. Determinación de los límites de Atterberg. Según UNE 103103/94 / 103104/93																																																								
Límite Líquido	****	Límite Plástico	***	Índice de Plasticidad	No plástico																																																			
DATOS COMPLEMENTARIOS: OBSERVACIONES AL ENSAYO:																																																								
ENSAYO: 11.30.7.1 Análisis granulométrico de suelos por tamizado. Según UNE 103101/95																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tamizos UNE</th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>100 mm</td><td></td><td>100 %</td></tr> <tr><td>80 mm</td><td></td><td>100 %</td></tr> <tr><td>63 mm</td><td></td><td>100 %</td></tr> <tr><td>50 mm</td><td></td><td>100 %</td></tr> <tr><td>40 mm</td><td></td><td>100 %</td></tr> <tr><td>25 mm</td><td></td><td>99 %</td></tr> <tr><td>20 mm</td><td></td><td>98 %</td></tr> <tr><td>12,5 mm</td><td></td><td>94 %</td></tr> <tr><td>10 mm</td><td></td><td>91 %</td></tr> <tr><td>6,3 mm</td><td></td><td>85 %</td></tr> <tr><td>5 mm</td><td></td><td>82 %</td></tr> <tr><td>2 mm</td><td></td><td>70 %</td></tr> <tr><td>1,25 mm</td><td></td><td>84 %</td></tr> <tr><td>0,40 mm</td><td></td><td>50 %</td></tr> <tr><td>0,16 mm</td><td></td><td>37 %</td></tr> <tr><td>0,08 mm</td><td></td><td>26 %</td></tr> </tbody> </table>						Tamizos UNE			100 mm		100 %	80 mm		100 %	63 mm		100 %	50 mm		100 %	40 mm		100 %	25 mm		99 %	20 mm		98 %	12,5 mm		94 %	10 mm		91 %	6,3 mm		85 %	5 mm		82 %	2 mm		70 %	1,25 mm		84 %	0,40 mm		50 %	0,16 mm		37 %	0,08 mm		26 %
Tamizos UNE																																																								
100 mm		100 %																																																						
80 mm		100 %																																																						
63 mm		100 %																																																						
50 mm		100 %																																																						
40 mm		100 %																																																						
25 mm		99 %																																																						
20 mm		98 %																																																						
12,5 mm		94 %																																																						
10 mm		91 %																																																						
6,3 mm		85 %																																																						
5 mm		82 %																																																						
2 mm		70 %																																																						
1,25 mm		84 %																																																						
0,40 mm		50 %																																																						
0,16 mm		37 %																																																						
0,08 mm		26 %																																																						
DATOS COMPLEMENTARIOS: OBSERVACIONES AL ENSAYO:																																																								

Diagrama granulométrico





Avda. Hermanos Bori, 171
Teléfono: 964.781100 / 781111
atcontrol@grupo-atcontrol.com

Castellón
CIF: A12042420
www.grupo-atcontrol.com

ACTA Nº 1210601 RESULTADOS DE ENSAYOS
MODALIDAD DE CONTROL: CO (CONTROL DE CALIDAD DE OBRA CIVIL)

Peticionario: 026321 - Arco 10 Obras y Servicios de Levante, SL

Dirección: C/ Santa Pola, 23 - A.4º H. Monicofar (Castellón)

CIF: B12846333

área:

Hoja 2 de 2

Obra: 120579 - Consol.Torre Sudoeste Castillo Cropesa

ENSAYO: 11.30.18. Determinación del contenido de materia orgánica oxidable de un suelo por el método del permanganato potásico. Según UNE 103204/93

Contenido MO: Media de dos determinaciones	1,15 %
--	--------

DATOS COMPLEMENTARIOS: Contenido de materia orgánica referido a muestra total : ____ %

OBSERVACIONES AL ENSAYO:

OBSERVACIONES GENERALES A LA MUESTRA:

Director de Laboratorio

V.B. Director General

CASTELLÓN, a 18 de noviembre de 2012

ORIGINAL ACTA Nº 1210601



Pedro Monseñat Bono

Severino Ramos Aparici

Licenciado en Ciencias Químicas

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Este documento es una copia digitalizada de un documento original. Toda información sobre los resultados de los ensayos se refiere al documento original.

PG-26-R00-4

MUETRAS 1206430MG Determinación de los límites de Atterberg, Análisis Granulométrico de suelos por tamizados y Determinación de materia orgánica oxidable de un suelo por el método del permanganato potásico



Avda. Hermanos Bau, 171 Castellón
 Telf: Fax: 964.781100 / 781111 CIF: A12042420
 atcontrol@grupo-atcontrol.com www.grupo-atcontrol.com

ACTA Nº 1210602 RESULTADOS DE ENSAYOS
 MODALIDAD DE CONTROL: CO (CONTROL DE CALIDAD DE OBRA CIVIL)

Peticionario: 026321 - Arco 10 Obras y Servicios de Levante, SL
 Dirección: C/ Santa Pola, 23 - A.4º H. Moncofar (Castellón)
 CIF: B12846333 S/ret: ***** Hoja 1 de 2
 Obra: 120579 - Consol. Torre Sudoeste Castillo Oropesa

DATOS DE LA MUESTRA:	TIPO: 11.30.SUELOS AREA V90		
PREPUESTO:	P120793		
MODALIDAD DE MUESTREO:	ML (Muestreo por el Laboratorio)	CODIGO MUESTRA:	1206430MG
OPERADOR:	Agustín Ramos Branchadell	ENSAYOS REALIZADOS POR:	JFA, OPC
TOMA DE MUESTRAS SEGÚN:	UNE 103103/94 / 103104/93	FECHA DE ENCARGO:	07/11/2012
OBRA O LUGAR DE RECOGIDA:	Acopio en obra	FECHA MUESTREO/RECEPCIÓN:	07/11/2012
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	Suelo para fabricación de tapal	FECHA REGISTRO:	13/11/2012
CANTIDAD:	50,00 Kg	FECHA INICIO ENSAYOS:	08/11/2012
CODIGO INTERNO EN OBRA:	M-02	FECHA FINAL ENSAYOS:	13/11/2012
PROCEDENCIA/FABRICANTE:	Sin datos	FECHA DEL ACTA:	16/11/2012

ENSAYO: 11.30.6. Determinación de los límites de Atterberg.
 Según UNE 103103/94 / 103104/93

Limite Líquido	****	Limite Plástico	***	Indice de Plasticidad	No plástico
----------------	------	-----------------	-----	-----------------------	-------------

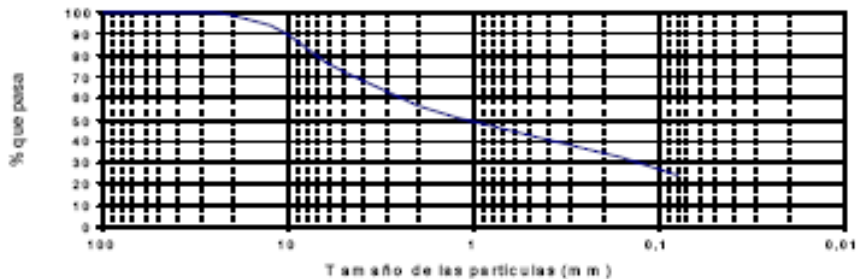
DATOS COMPLEMENTARIOS:
OBSERVACIONES AL ENSAYO:

ENSAYO: 11.30.7.1 Análisis granulométrico de suelos por tamizado.
 Según UNE 103101/95

Tamices UNE	% que pasa
100 mm	100 %
80 mm	100 %
63 mm	100 %
50 mm	100 %
40 mm	100 %
25 mm	100 %
20 mm	99 %
12,5 mm	94 %
10 mm	89 %
6,3 mm	77 %
5 mm	72 %
2 mm	56 %
1,25 mm	51 %
0,40 mm	41 %
0,15 mm	32 %
0,075 mm	24 %

DATOS COMPLEMENTARIOS:
OBSERVACIONES AL ENSAYO:

Diagrama granulométrico



Para documentos en este lenguaje de control de calidad.
 Cada edición en color es propiedad intelectual de grupo atcontrol.com



Avda. Hermanos Bori, 171
Teléfono: 964.781100 / 781111
atcontrol@grupo-atcontrol.com

Castellón
CIF: A12042400
www.grupo-atcontrol.com

ACTA Nº 1210602 RESULTADOS DE ENSAYOS
MODALIDAD DE CONTROL: CO (CONTROL DE CALIDAD DE OBRA CIVIL)

Peticionario: 026321 - Arco 10 Obras y Servicios de Levante, SL
Dirección: C/ Santa Pola, 23 - A. 4º H. Moncofar (Castellón)
CIF: B12846333 Sit: *****
Obra: 120579 - Consol.Torre Sudoeste Castillo Orpesa

Hoja 2 de 2

ENSAYO: 11.30.18. Determinación del contenido de materia orgánica oxidable de un suelo por el método del permanganato potásico. Según UNE 103204/93

Contenido MO: Media de dos determinaciones	1,14 %
--	--------

DATOS COMPLEMENTARIOS: Contenido de materia orgánica referido a muestra total : ____ %

OBSERVACIONES AL ENSAYO:

OBSERVACIONES GENERALES A LA MUESTRA:

Director de Laboratorio

Pedro Monserat Bono

Licenciado en Ciencias Químicas

V.B. Director General

Severino Ramos Aparici

Ingeniero de Caminos, Canales y

Puertos.

CASTELLÓN, a 18 de noviembre de 2012

ORIGINAL ACTA Nº 1210602



Este documento es una copia digitalizada de un original.
Todos los datos de texto de este documento han sido generados automáticamente.

PG-26-F00-4

MUETRAS 1206431MG Determinación de los límites de Atterberg, Análisis Granulométrico de suelos por tamizados y Determinación de materia orgánica oxidable de un suelo por el método del permanganato potásico



Avda. Hermanos Bau, 171 Castellón
 Telf: Fax: 964.781100 / 781111 CIF: A12040400
 atcontrol@grupo-atcontrol.com www.grupo-atcontrol.com

ACTA Nº 1210603 RESULTADOS DE ENSAYOS
 MODALIDAD DE CONTROL: CO (CONTROL DE CALIDAD DE OBRA CIVIL)

Peticionario: 026321 - Arco 10 Obras y Servicios de Levante, SL
 Dirección: C/ Santa Fols, 23 - A.4º H. Moncofar (Castellón)
 CIF: B12846333 S/ret: ***** Hoja 1 de 2
 Obra: 120579 - Consol.Torre Sudoeste Castillo Oropesa

DATOS DE LA MUESTRA:	TIPO:	11.30.SUELOS AREA V90	
PREPUESTO:		P120793	
MODALIDAD DE MUESTREO:	ML (Muestreo por el Laboratorio)	CODIGO MUESTRA:	1206431MG
OPERADOR:	Agustín Ramos Branchadell	ENSAYOS REALIZADOS POR:	JPA, OPC
TOMA DE MUESTRAS SEGÚN:	UNE 103103/94 / 103104/93	FECHA DE ENCARGO:	07/11/2012
OBRA O LUGAR DE RECOGIDA:	Acopio en obra	FECHA MUESTREO/RECEPCIÓN:	07/11/2012
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	Suelo para fabricación de tapial	FECHA REGISTRO:	13/11/2012
CANTIDAD:	50,00 Kg	FECHA INICIO ENSAYOS:	08/11/2012
CODIGO INTERNO EN OBRA:	M-03	FECHA FINAL ENSAYOS:	13/11/2012
PROCEDENCIA/FABRICANTE:	Sin datos	FECHA DEL ACTA:	15/11/2012

ENSAYO: 11.30.6. Determinación de los límites de Atterberg.
 Según UNE 103103/94 / 103104/93

Límite Líquido	****	Límite Plástico	***	Índice de Plasticidad	No plástico
----------------	------	-----------------	-----	-----------------------	-------------

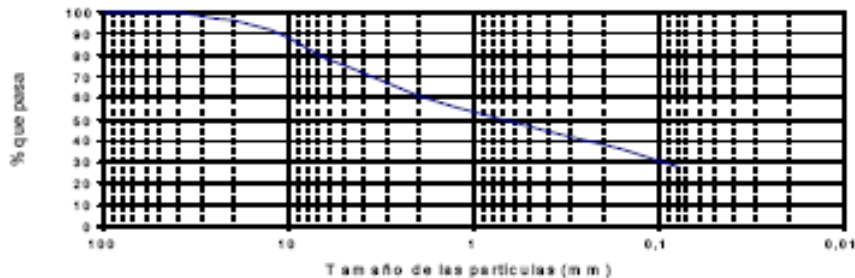
DATOS COMPLEMENTARIOS:
OBSERVACIONES AL ENSAYO:

ENSAYO: 11.30.7.1 Análisis granulométrico de suelos por tamizado.
 Según UNE 103101/95

Tamices UNE	% que pasa
100 mm	100 %
50 mm	100 %
25 mm	100 %
20 mm	100 %
12,5 mm	100 %
10 mm	97 %
6,3 mm	96 %
5 mm	92 %
2 mm	88 %
1,25 mm	79 %
0,40 mm	75 %
0,15 mm	75 %
0,08 mm	61 %
0,05 mm	56 %
0,02 mm	44 %
0,008 mm	36 %
0,004 mm	29 %

DATOS COMPLEMENTARIOS:
OBSERVACIONES AL ENSAYO:

Diagrama granulométrico



Este documento es una copia digitalizada de un documento original.
 Toda información sobre los resultados de análisis se refiere al documento original en papel.

PG-26-REC-4



Avda. Hermanos Bori, 171
Teléfono: 964.781100 / 781111
atcontrol@grupo-atcontrol.com

Castellón
CIF: A12042420
www.grupo-atcontrol.com

ACTA Nº 1210602 RESULTADOS DE ENSAYOS

MODALIDAD DE CONTROL: CO (CONTROL DE CALIDAD DE OBRA CIVIL)

Peticionario: 026321 - Arco 10 Obras y Servicios de Levante, SL

Dirección: C/ Santa Pola, 23 - A.4º H. Moncofar (Castellón)

CIF: B12846333

Símbol:

Hoja 2 de 2

Obra: 120579 - Consol. Torre Sudoeste Castillo Oropeza

ENSAYO: 11.30.18. Determinación del contenido de materia orgánica oxidable de un suelo por el método del permanganato potásico. Según UNE 103204/93

Contenido MO: Media de dos determinaciones	1,14 %
--	--------

DATOS COMPLEMENTARIOS: Contenido de materia orgánica referido a muestra total : ____ %

OBSERVACIONES AL ENSAYO:

OBSERVACIONES GENERALES A LA MUESTRA:

Director de Laboratorio

V.B. Director General

CASTELLÓN, a 18 de noviembre de 2012

ORIGINAL ACTA Nº 1210602



Pedro Monseñat Bono

Severino Ramos Aparici

Licenciado en Ciencias Químicas Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Este documento es una copia digitalizada de un documento original. Toda información contenida en este documento es válida únicamente si se acompaña del original.

PG-26-REC-4

MUETRAS 1206431MG Proctor Modificado (Compactación realizada mediante maza automática) Según UNE 103501/94



Avenida Hermanos Bona, 171
Teléfono: 964.781100 / 781111
atcontrol@grupo-atcontrol.com

Castellón
CIF: A12042400
www.grupo-atcontrol.com

ACTA Nº 1210686 RESULTADOS DE ENSAYOS
MODALIDAD DE CONTROL: CO (CONTROL DE CALIDAD DE OBRA CIVIL)

Peticionario: 026321 - Arco 10 Obras y Servicios de Levante, SL
Dirección: C/ Santa Pola, 23 - A. 4º H. Moncofar (Castellón)
CIF: B12846333 8/ret: *****
Obra: 120579 - Consol.Torre Sudoeste Castillo Oropesa

Hoja 1 de 1

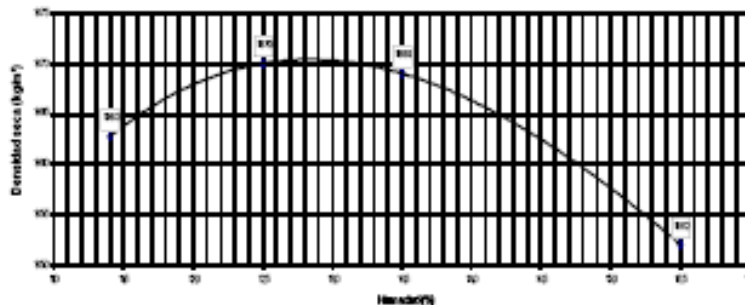
DATOS DE LA MUESTRA:	TIPO:	11.30.SUELOS AREA VSG	
PRESUPUESTO:	P120793		
MODALIDAD DE MUESTREO:	ML (Muestreo por el Laboratorio)	CODIGO MUESTRA:	1206432MG
OPERADOR:	Agustín Ramos Branchadell	ENSAYOS REALIZADOS POR:	OPC
TOMA DE MUESTRAS SEGÚN:	UNE 103501/94	FECHA DE ENCARGO:	07/11/2012
OBRA O LUGAR DE RECOGIDA:	Acopio en obra	FECHA MUESTREO/RECEPCIÓN:	07/11/2012
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	Suelo para fabricación de tapia	FECHA REGISTRO:	13/11/2012
CANTIDAD:	50,00 Kg	FECHA INICIO ENSAYOS:	08/11/2012
CODIGO INTERNO EN OBRA:	M-Mezcla	FECHA FINAL ENSAYOS:	15/11/2012
PROCEDENCIA/FABRICANTE:	Sin datos	FECHA DEL ACTA:	21/11/2012

ENSAYO: 11.30.9. Proctor modificado. (Compactación realizada mediante maza automática)
Según UNE 103501/94

Material reemplazo en tamiz 20 mm UNE	***	Sustitución de gruesos	NO
Material reemplazado	0 %	Número de puntos	4
Ecuación de la curva proctor	$DS=AH^2+BH+CH+D$	Coefficiente R ²	1
Coefficiente A	0,277162	Coefficiente B	-14,002217
Coefficiente C	222,487295	Coefficiente D	735,673603
Densidad máxima	1870 Kg/m ³	Humedad óptima	12,8 %
Corrección analítica	SI	Fración superior a	20 mm
Porcentaje de corrección analítica	2 %	Peso específico del material grueso	2,659
Densidad máxima corrección analítica	1883 Kg/m ³	Humedad óptima corrección analítica	12,8 %

DATOS COMPLEMENTARIOS:

OBSERVACIONES AL ENSAYO:



OBSERVACIONES GENERALES A LA MUESTRA:

Director de Laboratorio

V.B. Director General

CASTELLÓN, a 21 de noviembre de 2012

ORIGINAL ACTA Nº 1210686

Pedro Monserat Bono

Severino Ramos Aparici

Licenciado en Ciencias Químicas Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.



Este documento es una copia digitalizada de un documento original.
Cada intervención con este tipo de control debe ser realizada por un técnico cualificado.

PG-26-F02-4

Determinación de Densidad y humedad mediante equipos de isótopos radiactivos en capas de suelos y zahorras según ASTM D2922-81 y ANSI/ASTM D3017-78



ACTA Nº 1300016 RESULTADOS DE ENSAYOS
MODALIDAD DE CONTROL: CO (CONTROL DE CALIDAD DE OBRA CIVIL)

Hoja 1 de 1

Ave. Hermanos Bau. 171 Castellón
Teléfono: 964.781100 / 781111 C/F: A12942420
atcontrol@grupo-atcontrol.com www.grupo-atcontrol.com

Peticionario: 026321 - Arco 10 Obras y Servicios de Levante, SL CIF: B12846333
Dirección: C/ Santa Pola, 23 - A.4º H. Moncofré (Castellón)
Obra: 120579 - Consol.Torre Sudoeste Castillo Cropsa S/Ref: *****

TIPO DE ACTIVIDAD: 14. SUELOS COMPACTADOS FECHA DE ENCARGO: 07/01/2013
MODALIDAD DE MUESTREO: AM (Actividad sin muestra) FECHA DE ENSAYO: 07/01/2013
UNIDAD Nº: 13000878Z PRESUPUESTO: P120793 FECHA DE REGISTRO: 07/01/2013
OPERADOR: Agustín Ramos Aparici FECHA DEL ACTA: 07/01/2013
EQUIPO: 0026 Trowler 3440 - 18887

DETERMINACION DE DENSIDAD Y HUMEDAD MEDIANTE EQUIPOS DE ISOTOPOS RADIATIVOS EN CAPAS DE SUELOS Y ZAHORRAS SEGUN ASTM D2922- 81 Y ANSI/ASTM D3017-78

DEFINICION DE LA UNIDAD:

LOTE: NT-0002 GAPA: Núcleo terraplén
PASADA: 1 TONNADA: 1
LOCALIZACION DEL LOTE: Muro tapial

MATERIAL DE REFERENCIA:

DENSIDAD MAXIMA: 1870 Kg/m³ HUMEDAD OPTIMA: 12,8%
MATERIAL: Núcleo pedregal PROCTOR REFERENCIA: Modificado
DEFINICION VALOR ADOPTADO: Mezcla tapial

ESPECIFICACIONES:

GRADO COMPACTACION MEDIO: $\geq 95,0\%$ HUMEDAD INFERIOR: 10,5%
GRADO COMPACTACION MINIMO: $\geq 93,0\%$ HUMEDAD SUPERIOR: 14,8%

ENSAYOS

Encayos Lote	Nº	Profundidad (cm)	Tiempo de Encayo (seg)	Densidad		Contenido de Agua (kg/m ³)	Grado de Compacción (%)	Humedad (%)	Correcciones		
				Seca (kg/m ³)	Húmeda (kg/m ³)				Densidad	Humedad	Zanja
NT-0002	01	25	60	1559	1737	177,7	88,4	11,4			
NT-0002	02	25	60	1726	1868	141,9	82,9	8,2			
NT-0002	03	25	60	1858	2007	148,6	88,4	8,0			
NT-0002	04	25	60	1909	2075	166,3	102,1	8,7			
NT-0002	05	25	60	1707	1953	246,1	81,8	14,4			
VALORES MEDIOS:				1752	1928	176,1	88,7	10,1			

OBSERVACIONES GENERALES A LA ACTIVIDAD:

CASTELLÓN, 7 de enero de 2013

Director del Laboratorio

Pedro Monserrat Bono
Licenciado en Ciencias Químicas

V.B Director General

Severino Ramos Aparici
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



ORIGINAL ACTA Nº 1300016

Los resultados y conclusiones de esta empresa, entidad de control de calidad (CCQ), acreditada de acuerdo al Reglamento de Control de Calidad (RCC) en vigor se encuentran disponibles en nuestra página web: www.grupo-atcontrol.com

Este documento se emite bajo las siguientes condiciones:
- Su validez se refiere a los resultados obtenidos en el ensayo.
- Este documento no debe ser utilizado para fines de la certificación emitida por AT Control SA.
- PÁG. 26-RU3-3

3.6.5. CONCLUSIÓN DE LOS ENSAYOS

En la obra, se emplearon las tierra procedente de las excavaciones arqueológicas por considerarse óptimas. Éstas tierras se trasladaron a una zona de acopio para su preparación. Esta preparación consistió en :

- Retirada de materia vegetal y de restos de vegetación
- Retirada de guijarros y gravas de diámetros superior a 50 mm.
- Retirada de restos de morteros u hormigones.
- Mezclado de las tierras procedentes de las zonas de excavación hasta conseguir un producto homogéneo.



Imagen 3.61. Zona de acopio de tierras

Tras los ensayos en el laboratorio de tres muestras tomadas en obra se comprobó que:

- Se trata de una tierra con una adecuada proporción de arcilla, es No plástica y el contenido de arcilla es inferior al 5% en peso del total de la mezcla.
- La granulometría es presenta una curva continua según el Análisis granulométrico de suelos por tamizado
- El porcentaje de materia orgánica es inferior al 2% en peso de la mezcla. 1,15 % en la 1ª muestra, 1,14 % en la 2ª muestra y un 1,29 € en la 3ª muestra
- Los resultados obtenidos en las tres muestras son muy similares, lo que indica que el material está debidamente homogenizado

En las comprobaciones del apisonado mediante la Determinaciones de la densidad de la tierra apisonada y del grado de compactación logrados mediante el método isotopos radiactivos (según ASTM D2292-81 y ANSI/ASTM D3017-78). Los ensayos fueron bastante satisfactorios, logrando un grado de compactación óptimo.



Imagen 3.61. Ensayo de Densidades y grado de compactación



Imagen 3.62. Ensayo de Densidades y grado de compactación

4. CONCLUSIONES

4. CONCLUSIONES

4.1. RESULTADO ECONÓMICO DE LOS MUROS DE TAPIA EN LA ACTUALIDAD

Efectuamos un comparativo de los precios descompuestos de distintas tipologías de muro para un mismo espesor, 40 cm.

m3 MURO DE TAPIA DE TIERRA CALICOSTRADA; 2-3 CARAS VISTAS.

Formación de muro tapial calicostrado a dos o tres caras vistas con un espesor entre 30-50 cm., mediante el compactado de tierra de similares características a las existentes, en tongadas de compactación no mayores de 10 cm mediante pisón manual o eléctrico y la colocación de encofrado de madera (tapialeras) recuperable respetando las hiladas y dimensiones longitudinales originales. Se aplicara al supuesto de cajón en muro nuevo continuo, realizado con hormigoncillo de cal y tamaño máx. de árido de 10 mm en paramento exterior con un espesor de 10-15 cm. El muro recrecido deberá alcanzar una densidad no menor de 2090 Kg/m³. El paramento visto presentará similar aspecto al de los muros existentes y se introducirán en el muro de fragmentos cerámicos macizos colocados a testa para diferenciar la intervención del muro original.

m3 Muro de tapia Tierra Calicostrado, 2-3 caras vistas				
Unidades	Descripción	Precio	Cantidad	Importe
h	Especialista Restaurado	21,22	1,25	26,53
h	Encargado Construcción	24,30	1,25	30,38
h	Oficial 1ª Construcción	15,92	20,95	333,48
h	Peón especializado Construcción	15,48	16,75	259,29
m3	Mortero Mixto de Cemento Blanco y Cal	91,61	0,47	42,74
m3	Tierra estabilizada con cal con corrección granulométrica	45,01	1,20	54,01
m3	Pino silvestre primera	475,79	0,08	35,68
m2	Baldosín catalán 10x20	2,84	0,03	0,07
h	Pisón compactador neumático	9,34	5,88	54,87
				837,05 €



Imagen 4.1. Muro de tapia de tierra calicostrada.

m3 MURO DE MAMPOSTERÍA ORDINARIA IRREGULAR; 1 CARA VISTA.

Muro de mampostería ordinaria irregular, de 40 cm. de espesor, careada a 1 cara, ejecutado con mampuesto irregular de piedra de caliza compacta sin labrar, aprovechamiento de un 20% de mampuesto propio, presentando una cara preparada para formar parte del paramento visto, con las siguientes características: peso específico 2.6 kg/dm³, porcentaje de absorción de agua en peso del 0.2%, porcentaje de porosidad aparente en volumen del 0.4%, resistencia a la compresión de 500 kg/cm², resistencia a flexo-tracción de 60 kg/cm², tomado con torta de mortero de cal y cemento blanco de dosificación 4:1:6 de 2-3 cm. de espesor, incluso replanteo, nivelación, aplomado, perpiaños para arriostramiento transversal, (aproximadamente 30% del volumen), evitando la concurrencia de más de tres aristas de mampuesto en un vértice, ripio de piedra para acuñado, mermas y limpieza, ejecutado según NTE-EFP.

m3 Muro de mampostería ordinaria irregular				
Unidades	Descripción	Precio	Cantidad	Importe
h	Oficial 1ª Construcción	15,92	3,00	47,76
h	Peón especializado Construcción	15,48	1,50	23,22
h	Especialista Cantero	16,82	0,75	12,62
t	Mamp Irregular Piedra Caliza	19,59	2,63	51,42
t	Perpiaño caliza compacta	28,24	0,55	15,53
t	Ripio Caliza Compacta	16,85	0,31	5,22
m3	Mortero Mixto de Cemento Blanco y Cal	91,61	0,33	29,77
2%	Costes Directos Complementarios	185,55	0,02	3,71
3%	Costes Indirectos	189,26	0,03	5,68
				194,94 €

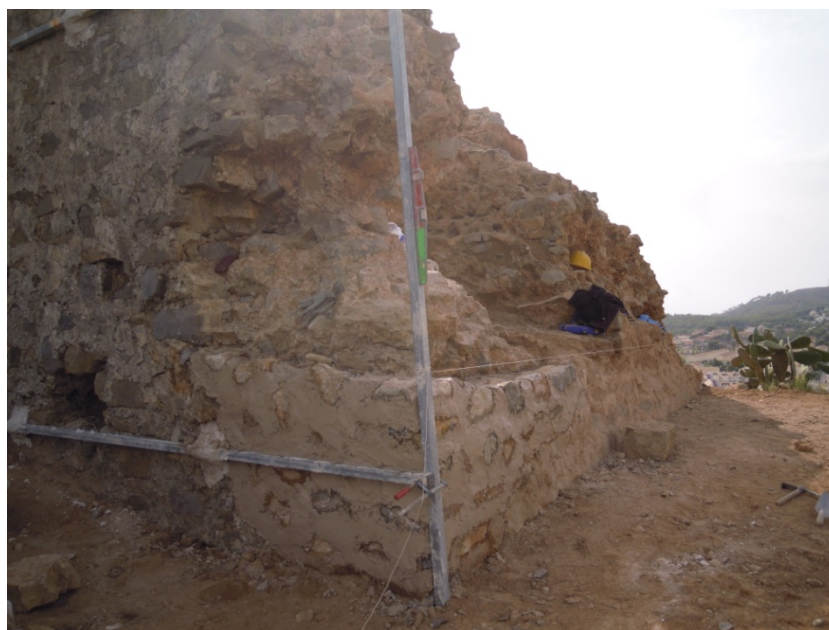


Imagen 4.2. Muro de mampostería ordinaria

m3 MURO DE TAPIA DE MAMPOSTERÍA Y HORMIGÓN DE CAL; 2-3 CARAS VISTAS.

Muro de tapia de mampostería hormigonada, de 40 cm. de espesor, dos o tres caras vistas, mediante la colocación de encofrado de madera (tapieleros) recuperable, realizado a base de piedra calcárea, aparejada en orden de hiladas, tomadas con hormigón de cal y cemento de resistencia 15 N/mm² confeccionado en obra, con reutilización de las piedras existentes en el lugar en un 20 % de las necesidades, incluso replanteo, aplomado y encofrado de madera de pino, humedecido de los mampuestos, nivelación y limpieza. Los paramentos se dejarán con aspecto similar al de los muros existentes, respetando el modulaje de tapieleros originales y se introducirán en el muro fragmentos de cerámica, macizos, colocados a testa, en los encuentros de la nueva intervención y los muros originales. En las partes bajas del muro, y a criterio de la DF, se facilitará la salida de las aguas pluviales a través de mechinales..

m3 Muro de tapia de mampuesto y hormigón de cal; 2. 3 Caras Vistas.				
Unidades	Descripción	Precio	Cantidad	Importe
h	Especialista Restaurado	21,22	1,16	24,62
h	Encargado Construcción	24,30	1,16	28,19
h	Oficial 1ª Construcción	15,92	15,24	242,66
h	Peón especializado Construcción	15,48	14,37	222,45
m3	Mortero Mixto de Cemento Blanco y Cal	91,61	0,50	45,81
t	Mamp Irregular Piedra Caliza	19,59	0,70	13,71
t	Ripio Caliza Compacta	16,85	0,25	4,21
m3	Pino silvestre primera	475,79	0,08	35,68
m2	Baldosín catalán 10x20	2,84	0,03	0,07
2%	Costes Directos Complementarios	617,40	0,02	12,35
3%	Costes Indirectos	629,75	0,03	18,89
				648,64 €

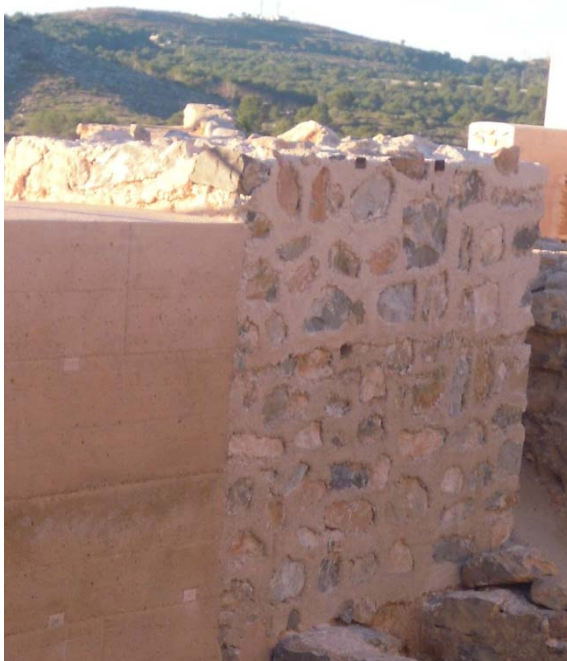


Imagen 4.3. Muro de tapia de mampostería y hormigón de cal

m3 MURO; HORMIGÓN ARMADO, ENCOFRADO A 2 CARAS.

Formación de muro de 40 cm de espesor medio, encofrado a dos cara y ejecutado en condiciones complejas con encofrado metálico con acabado tipo industrial para revestir; realizado con hormigón armado HA-25/B/20/IIa fabricado en central y vertido con cubilote, con una cuantía aproximada de acero UNE-EN 10080 B 500 S de 60 kg/m³. Encofrado y desencofrado de los muros de hasta 3 m de altura, con paneles metálicos modulares. Incluso p/p de formación de juntas, elementos para paso de instalaciones, y sellado de orificios con masilla elástica.

Incluye: Replanteo del encofrado sobre la cimentación. Colocación de la armadura con separadores homologados. Colocación de elementos para paso de instalaciones. Formación de juntas. Limpieza de la base de apoyo del muro en la cimentación. Encofrado a dos caras del muro. Vertido y compactación del hormigón. Desencofrado. Curado del hormigón. Sellado de orificios.

m3 Muro de Hormigón Armado; Acero 60 kg/m3				
Unidades	Descripción	Precio	Cantidad	Importe
h	Peón especializado construcción	15,48	0,70	10,84
h	H 25 blanda tamaño máximo 20 lia	54,00	1,15	62,10
h	Vibrador gasolina aguja ø30-50mm	2,32	0,15	0,35
h	Costes Directos Complementarios	73,28	0,02	1,47
m3	B 500 S corruø32 e/muros	0,88	60,00	52,80
m2	Encofrado muro alt <1.5 2 caras	27,41	2,50	68,53
				196,07 €

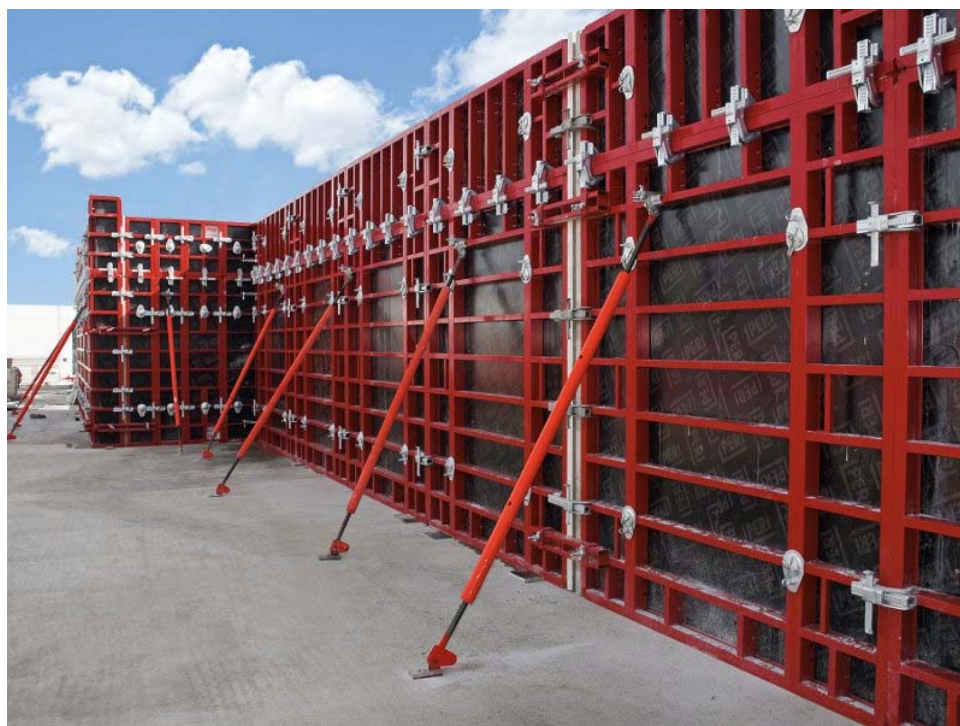


Imagen 4.4. Muro de hormigón armado encofrado a 2 caras.

m3 MURO; FÁBRICA DE LADRILLO CARA VISTA, 2 CARAS VISTAS; ESPESOR 50 CM.

Muro de fábrica vista con aparejo español y 50 cm. espesor. Juntas de 1 cm. construida con ladrillo rojo liso 24x11.5x5 cm., recibido con mortero bastardo de cal y cemento de dosificación 1:1:6, incluso medios de elevación carga y descarga, replanteo, nivelación, parte proporcional de mermas y roturas, humedecido de las piezas y limpieza, construido según NBE-FL-90.

m3 Fabrica ladrillo cara Vista, 2 Caras Vistas				
Unidades	Descripción	Precio	Cantidad	Importe
h	Oficial 1ª Construcción	15,92	1,60	25,47
h	Ayudante Construcción	15,65	1,60	25,04
h	Peón especializado construcción	15,48	1,00	15,48
h	LCV rustico rj 24x11.5x5	0,12	550,00	66,00
m3	Mortero Mixto de Cemento Blanco y Cal	91,61	0,29	26,57
m3	Agua	1,11	0,53	0,59
2%	Costes Directos Complementarios	159,15	0,02	3,18
				162,33

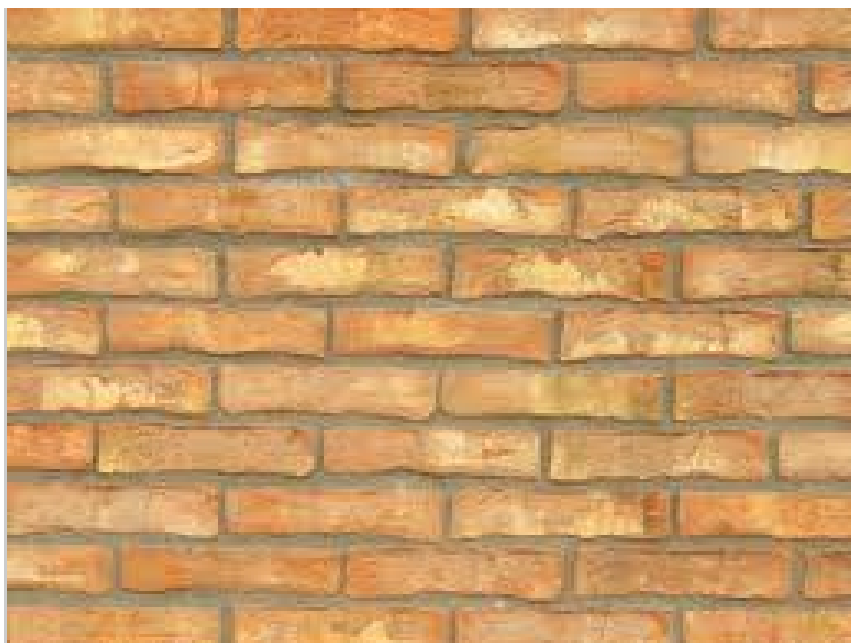


Imagen 4.5. Muro de Ladrillo visto a 2 caras.

CONCLUSIÓN.

Comparando los precios por m^3 de muros de distintas tipologías podemos ver que los muros de fábrica de ladrillo con 2 caras vistas ($162,33 \text{ €/m}^3$), los muros de mampostería ordinaria a 1 cara ($194,94 \text{ €/m}^3$) y los muros de hormigón armado encofrados a 2 caras ($196,07 \text{ €/m}^3$) tienen unos precios más bajos por éste mismo orden de menor a mayor precio y tienen unos precios de ejecución por m^3 bastante aproximados. Los rendimientos de estos tres tipologías de muro son también los mayores con mucha diferencia con respecto a los muros de tapia lo que supondría un ahorro importante también en los costes indirectos al poderse ejecutarse en menor tiempo.

Los muros con los que se obtienen mayores rendimientos y menor coste de Mano de obra, son los muros de hormigón armado a dos caras, ya que éste método constructivo está muy industrializado, cuenta con unos encofrados industrializados con los que se obtienen muy buenos rendimientos, a los que hay que añadir la ventaja de los medios auxiliares disponibles para la puesta en obra del hormigón de planta mediante grúa o mediante bombeo.

En el lado opuesto tenemos los muros de tapia, tanto el muro de tapia de tierra calicostrada, como el muro de tapia de mampuestos con hormigón de cal. El muro de tapia de tierra calicostrada, tiene un coste por m^3 de $837,05 \text{ €/m}^3$ y el muro de tapia de mampuestos con hormigón de cal tiene un coste de $648,64 \text{ €/m}^3$. Estos precios son elevadísimos en comparación con las otras tres tipologías, llegando a costar hasta 5 veces más. En éstas tipologías de muro, la mano de obra se dispara llegando a costar la hasta 10 veces más la mano de obra en el muro de tapia calicostrada que en el muro de hormigón armado a dos caras, aunque por otro lado los materiales de los muros de tapia y de mampostería ordinaria resultan más económicos.

Es por estos motivos por los que los muros de tapia son ideales para zonas menos desarrolladas con mucha disponibilidad de mano de obra pero con menores recursos. Las materias primas de la construcción del muro de tapia son la tierra, la madera y el agua, materiales que están disponibles en prácticamente todos los rincones del planeta, Se trata de desarrollar una arquitectura sostenible para estas zonas mas desfavorecidas.

Como ya se ha comentado, ya en Vancouver (Canada) sen 1976 se la celebró la conferencia Habitat 76 para los asentamientos urbanos promovida por la ONU, donde 132 países alcanzaron una serie de acuerdos plasmados en unos postulados que en algunos países latinoamericanos han sido considerados como políticas habitacionales, donde inciden en la necesidad de revalorizar las técnicas y materiales autóctonos como vía para paliar la carencia de viviendas en el tercer mundo. Esto Supuso un gran empujón al empleo de la tierra como material de construcción

4.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS MUROS DE TAPIA

CARACTERÍSTICAS GENÉRICAS

En un muro de tapia cabe resaltar especialmente la nobleza de su color natural, que viene dado por las tierras empleadas.

Los espacios construidos con tierra son saludables, producen un ambiente interior saludable y agradable debido a gran difusividad del material que es capaz de intercambiar humedad de forma muy rápida con el ambiente, absorbiéndola y cediéndola con rapidez.

La tierra de los tapiales tienen un muy buen comportamiento tanto en resistencia al como en estabilidad, como muestra tenemos infinidad de muros de tapia de tierra que han permanecido erguidos a la intemperie.

Los muros de tapia de tierra tienen una muy buena capacidad de aislamiento acústico debido a su gran densidad y grosor de pared que viene dado por el sistema constructivo. Su porosidad y textura superficial le proporcionan un relativamente buen comportamiento a la absorción acústica.

Los muros de tapia de tierra son muy malos aislantes térmicos, debido a su elevada densidad de 1700 a 2100 Kg/m³, con un coeficiente de transmisión térmica entre 0.64 y 1.03 W/K⁰m

Conductividad térmica de algunos materiales

	W/°K m	
Aire seco	0.025	
Argón	0.018	
Vapor de agua	0.026	
Agua líquida	0.612	
Hielo	2.20	
Poliestireno expandido	0.036	Buen aislante térmico Hidrófobo Transpira poco
Lana de vidrio	0.040	
Papel de celulosa	0.130	
Vidrio	0.35 - 1.30	
Hormigón	1.20 - 0.90	
Mortero	0.50 - 0.70	
Termoarcilla 18	0.30	
Termoarcilla 14	0.32	
Ladrillo Hueco 7	0.35	
Acero	45	Excelentes conductores térmicos Estables a la corrosión*
Aluminio	204	
Cobre	380	

Los ensayos físicos y de laboratorio a los que se someten a los muros de tapia siempre dan resultados muy pobres y poco satisfactorios, pero a pesar de todo ello las paredes de tapia de tierra han estado ahí aguantando el paso de los años.

Los muros de tapia de tierra tienen la capacidad de absorber y desprenden humedad, lo que disuelve las sales del interior del material que son transportadas a la superficie del muro de tapia haciéndose más duro y resistente a la erosión con el paso de los años.

Es muy importante evitar sistemática y cuidadosamente la humidificación continua del material ya sea desde arriba, el interior o proveniente de la cimentación.

La humedad es la causante del aspecto mórbido y débil de muchas viejas construcciones de tapial y, mediante la colocación de las adecuadas impermeabilizaciones en la parte superior e inferior puede evitarse por completo esta entrada de agua.

RESISTENCIA A LAS INCLEMENCIAS DEL TIEMPO

El tapial tiene muy buen envejecimiento, pues a simple vista no es posible detectar diferencias de erosión y daño del material, gracias a la variabilidad de colores y viveza de sus acabados.

Debido a la sequedad del muro de tapia de tierra y a su comportamiento activo a la humedad, microorganismos, bacterias o mohos no pueden anidar por lo que ello conlleva que, un muro de tapia de tierra mantenga su color inalterado durante décadas.

COMPORTAMIENTO A LA EROSIÓN

La erosión de un muro de tapia depende de la altura de la pared y de la exposición de la misma al viento y al agua. La lluvia débil no daña en modo alguno el muro puesto que el muro de tapia de tierra puede asumir sin problema esa humedad y posteriormente desprenderse de ella; Con lluvias más intensas el agua se desliza por la superficie exterior, lavando el material pero las partículas de arcilla propias de la composición del muro de tapia de tierra limitan el paso de la humedad al interior, es decir, la capacidad de absorción de agua del material se agota. Además las gravas que contienen los muros de tapia actúan como freno a la erosión ofreciendo una protección natural como los cantos rodados en la superficie de un río. Es en el caso de mayores cantidades de agua cuando los muros de tapia de tierra deberían protegerse, probablemente con baberos de mortero o piedra cada 25 o 30 cm.

4.3. REVESTIMIENTOS Y ACABADOS SUPERFICIALES

Los materiales utilizados para el revestimiento y la protección de los muros de tierra han evolucionado permitiendo una gran variedad de soluciones formales acordes a cada situación.

Existen gran variedad de posibles revestimientos para un muro de tapia de tierra, desde revestimientos que permitan mantener a la vista los acabados de los muros de tierra, a los revocos de distinta naturaleza siendo los más respetuosos con los muros de tapia aquellos que utilizan la propia tierra como material base, siendo estos los más apropiados a priori por su natural compatibilidad con el soporte.

En las construcciones militares y monumentales (fortificaciones, castillos, recintos amurallados) donde los muros de tapia de tierra tenían grandes secciones desde los 90 cm hasta los 2 m, los paramentos carecían de revestimientos, si bien en la mayoría de los casos se trataba de tierra mejorada con algún conglomerante, era una tierra más cercana a un hormigón pobre.

Mientras que en la construcción popular es habitual encontrar los muros de tierra, especialmente en fachadas, con algún tipo de protección superficial, que se renovaban con mayor o menor periodicidad, en función de la disponibilidad de materiales y recursos. Incluso en el interior de las construcciones, por razones de higiene, o para evitar el desprendimiento de partículas del muro, se realizaba, siempre que era posible, algún tipo de protección superficial.

IMPRIMACIONES E IMPREGNACIONES

Por revestimiento se entiende cualquier tratamiento o elemento aplicado durante o después de la construcción del muro con la finalidad de mejorar alguna de sus propiedades o con intención de aportar un determinado aspecto a la superficie del paramento.

Uno de los métodos para conseguir una protección adicional, endurecimiento y/o mayor resistencia frente a la erosión, dejando a la vista la apariencia de la fábrica de tierra, consiste en el tratamiento superficial del muro a posteriori mediante impregnación (aplicado con rodillo o mediante pulverización) o lechada (mediante brocha o rodillo) de productos hidrofugantes naturales o sintéticos, de aspecto más o menos transparente.

Es importante para la consecución del mantenimiento del valor del patrimonio arquitectónico, que estas imprimaciones sean incoloras y es importante para la durabilidad del muro de tierra que permitan transpirar al muro.

REVOCOS

Uno de los principales requisitos del revestimiento consiste en lograr una máxima adherencia entre el revoco y el soporte a través de una similitud de rigideces. Por su parte, el soporte deberá ser suficientemente sólido para no desprenderse debido al peso del revestimiento.

La solución más adecuada de revoco es el empleo de la propia tierra a modo de embarrado. Dado que en la fabricación de los revocos tradicionales suele producirse agrietamientos, es necesario utilizar fibras (paja tradicionalmente) que minimicen la fisuración producida por la retracción durante el secado. Si el espesor del revestimiento debe superar los 15 mm se tiene que aplicar en dos capas; la capa de base debe contener más arcilla y áridos gruesos que la de acabado. El hecho de que la capa de base presente fisuraciones no es problemático, sino que incluso puede proporcionar una mejor adherencia a la capa fina del revestimiento

El uso de productos naturales o sintéticos como estabilizantes, diluidos en el agua de amasado, resulta una solución muy eficaz, siendo los productos a base de resinas sintéticas los que mejores prestaciones ofrecen con el paso del tiempo

Lo más frecuente es utilizar conglomerantes tradicionales como **yeso, cal (aérea o hidráulica) o cemento,**

Los revocos de cemento no son los más adecuados para revestir muros de tapia de tierra, ya que hay una excesiva diferencia de rigidez entre el mortero de cemento del revoco con las tierras de los muros de tapia, lo que origina la aparición de fisuras y desprendimiento del revoco. Además el mortero de cemento le proporciona al muro excesiva impermeabilidad, no permitiendo el secado de los muros cuando éstos se humedecen a través de las fisuras del propio mortero,.

El principal problema que plantean los revocos es su adherencia al soporte, especialmente en paramentos con poca rugosidad. En cualquier caso, la mejor forma de garantizar el buen funcionamiento del revoco es aplicarlo preferiblemente en varias capas (dos como mínimo) con un espesor no superior a 20 mm. Para la aplicación del revoco es necesario tener en cuenta las mismas consideraciones que a la hora de preparar el soporte para cualquier otro tipo de fábrica de albañilería, es decir: que el paramento debe estar seco y limpio de material que pueda desprenderse y, previamente a la aplicación, se humedecerá ligeramente (o se dará una imprimación con una lechada de cal, o de material conglomerante similar al del revoco, que penetre unos milímetros en el soporte).

REVESTIMIENTO INTERIORES

Para el revestimiento de tabiques y caras internas de los muros se puede utilizar el mismo tipo de revocos que en exteriores en función del grado de exposición (según que se trate de cuartos húmedos o no). El revestimiento de barro es igualmente adecuado, aunque tradicionalmente iba acompañado de un enlucido de yeso o encalado final para dar mayor luminosidad. En otras culturas la utilización de barros muy finos como elementos de acabado interior, con fines decorativos, acompañados de una gran variedad de pigmentos naturales, ha caracterizado buena parte de la arquitectura vernácula.

Por otro lado, la arcilla (de modo similar al yeso) tiene algunas propiedades intrínsecas muy especiales para acondicionar un ambiente habitable. Es una superficie que transpira regulando tanto humedad como temperatura. Absorbe humedad haciendo más confortables los espacios en tiempo húmedo y cuando el ambiente se vuelve más seco desprende humedad hacia la habitación mejorando la calidad del aire.

EL CALICOSTRADO

El Calicostrado (o costra de cal), es un revestimiento característico en la península, muy habitual en la construcción militar de la época almohade y difundido especialmente en la construcción popular de la meseta Sur y Levante.

Ésta técnica consiste en proporcionar un revestimiento al muro de tapia de tierra durante la construcción del mismo. Antes del vertido de cada tongada de tierra se extiende junto a lo largo de las caras del tapial las costras que son unas lenguas de mortero de cal que se van trabando con la tierra apisonada quedando así íntimamente ligado el revoco a la masa del muro. La costra (una parte de cal por tres de arena normalmente) se pone en el mismo estado de humedad que la tierra.



Imagen 4.6. Muro de Tapia de Tierra Calicostrada.

CONSOLIDACIONES

El silicato de etilo se viene utilizando en restauración del patrimonio desde hace muchos años, es un material muy efectivo en la consolidación de construcciones de tierra. Es un compuesto en parte orgánico, pero tras el curado la sustancia depositada es completamente inorgánica. El producto reacciona generando fuertes enlaces químicos entre las partículas de arcilla, evitando la separación de las láminas de arcilla en presencia de agua. Se produce un aumento de la resistencia a la erosión del agua, sin ser hidrófugo y permitiendo el paso del vapor por microporos. Por otro lado, su aplicación es irreversible y no funciona bien sobre superficies húmedas.

4.4. VALORACION DE LA CONSECUCCIÓN DEL MANTENIMIENTO DEL VALOR DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO EN LA RESTAURACIÓN REALIZADA.

PROPUESTAS Y CRITERIOS DE ACTUACIÓN SEGÚN LA DIRECCIÓN FACULTATIVA:

El Castillo y murallas de Oropesa del Mar cuenta con la declaración genérica de monumento, según Disposición Adicional 1ª de la Ley 4/1998, de 11 de junio, del Patrimonio Cultural Valenciano, modificada por Ley 5/2007, de 9 de febrero, con número de anotación R-I-51-0010725. como Bien de Interés Cultural (B.I.C.).

Las actuaciones contempladas en el proyecto cumplen los requerimientos que la ley establece para este tipo de monumento.

La citada ley, en su artículo 38, fija unos criterios de intervención muy precisos sobre los Monumentos y Jardines Históricos. En particular hace referencia a la obligatoriedad de mantener (...) “las aportaciones de distintas épocas que hayan enriquecido sus valores originales.” También establece que “No se autorizarán las reconstrucciones totales o parciales del bien, salvo que la pervivencia de elementos originales o el conocimiento documental suficiente de lo que se haya perdido lo permitan, y tampoco cualquier añadido que falsee la autenticidad histórica. En todo caso, tanto la documentación previa del estado original de los restos, como el tipo de reconstrucción y los materiales empleados deberán permitir la identificación de la intervención y su reversibilidad.”

El objetivo último es el preservar las estructuras existentes en la actualidad de modo que por medio de su consolidación se consiga que no continúe su degradación.

LAS CARTAS DEL RESTAURO:

Las llamadas **cartas del Restauro** están editadas en las diferentes ciudades donde se realizaron las reuniones de los países miembros de las organizaciones afines al mundo de la conservación y restauración. De ellas emanaron las llamadas cartas, como la Carta de Atenas (1931), Venecia (1964), París (1972), Roma (1972) ó Copenhague (1984), y actualmente Cracovia, como las más importantes. Siguiendo su lectura, los técnicos establecieron de común acuerdo, **unas recomendaciones imprescindibles para que las intervenciones en materia de conservación y restauración sean justas y**

apropiadas. La Carta más importante por su contenido, y que fue la que verdaderamente inició la base teórica de donde emanan las demás, es la Carta de Roma de 1972. Esta procede de un programa definido por Cesare Brandi y otros historiadores. En ella se detallan artículos muy interesantes que merecen la pena memorizar para que podamos evaluar y discernir el criterio que debe ser aplicado, con sentido crítico para que se ajuste correctamente al contenido estético y conservativo de la obra de arte.

Sabemos que en ella, tanto en Italia como en otros países, nunca ha tenido la fuerza suficiente para adquirir forma de ley, pero sí debemos tenerla en cuenta como principio general, por estar descritos los criterios y la terminología general que actualmente es admitida por todos.

Podemos proponer algunos puntos-resumen que simplifican los contenidos que están especificados en las diversas Cartas:

- 1.- Creación de un equipo pluridisciplinar: Arquitecto, Ingeniero, Restaurador, Historiador, Químico, Físico, Fotógrafo y Biólogo.
- 2.- Elevar un inventario y redactar informes previos de las obras, tanto histórico como de la estructura de todos sus componentes.
- 3.- Elección de un método eficaz con materiales reversibles, que no alteren Ninguno de los componentes constituyentes de la obra de arte y que los resultados sean eficaces a corto y largo plazo, para poder así alargar la vida de la obra de arte.
- 4.- Realización de pruebas preventivas, una vez elegido el método conservativo.
- 5.- Elevar un informe después de la restauración con todas las pautas seguidas.
- 6.- El Conservador-restaurador que trabaja en solitario sin la unión con las diversas profesiones que le son dependientes y también consultivas, viene abocado al fracaso.

Debemos reconocer que fueron las intervenciones mal propuestas y definidas, las que se convirtieron en enseñanzas, y son ellas las que nos ayudaron a entender lo que significa la palabra conservar obras de arte.

INTERVENCIÓN EN LA “CONSOLIDACIÓN DE LIENZOS Y TORRE SUDOESTE DE CASTILLO DE OROPESA DEL MAR

Las bases de este proyecto de restauración han sido en el siguiente orden: Investigar, proteger, Consolidar y por último Restaurar.

En la actuación anterior en la torre Norte del Castillo de Oropesa, tras las excavaciones arqueológicas se descubrieron tres sistemas diferenciados de muros adosados. Ésta información obtenida es realmente importante, pues ya se pensaba

entonces que las estructuras de tapia descubiertas en la torre Norte se extendieran por todo el Castillo. Y así ha sido

Las obra en las torre Sudoeste y en el Muro de separación de la Sala Medieval con el Aljibe, comenzaron con exhaustivas excavaciones arqueológicas hasta localizar la estructura de los tres hojas de muro de la torre Sudoeste y las cimentaciones de los muros de tapia en el muro de separación de la Sala Medieval con el Aljibe.



Imagen 4.7. Excavaciones Arqueológicas en Torre Sudoeste



Imagen 4.8. Excavaciones Arqueológicas en Muro Separación Sala Medieval - Aljibe

Una vez finalizadas las excavaciones arqueológicas, se habían recogido todos los datos para elaborar los informes, fue cuando comenzaron las consolidaciones, reparaciones de coqueras y desprendimientos y recrecidos de las murallas.

Durante los trabajos de reparaciones y recrecidos, se ha sido muy respetuoso con la obra antigua. Hay ocasiones como en los recrecidos de muros de tapia en que se ha desprendido media hoja, que en su restauración quedan ocultos los restos del muro de tapia original. En estos casos, en el paramento del nuevo muro de tapia se ha realizado una marca de la exacta localización de los restos de la tapia original



Imagen 4.9. Incisión sobre paramento en línea donde se localizaba el tapial antiguo

Para diferenciar de manera inequívoca las zonas de nueva ejecución de las existentes. Se colocará en el plano de separación y embebidos en las masa unas piezas cerámicas de pequeña entidad y con una separación lo mayor posible de modo que perfilando el plano de separación se hagan visibles en la observación próxima pero que desde cierta distancia no se aprecie



Imagen 4.10. Losas de piedra para marcar diferencia entre obra Vieja y Obra nueva

En esta actuación, en los Lienzos y torre Sudoeste del Castillo de Oropesa se han desmontado paños de muro de mampostería ordinaria de recientes reconstrucciones de los años 80, donde no se realizaron la labores de investigación necesarias y se rehabilitó con criterios erróneos

En esta actuación tras las excavaciones arqueológicas realizadas, se han podido descubrir diferentes tipologías de muro de tapial, donde se podido observar las tierras utilizadas, los encofrados que se emplearon, etc.. Y una vez recogidos y ordenados todos estos datos, se ha hecho una reconstrucción de las murallas respetando los criterios y métodos de construcción originales.

Quiero de ésta manera justificar el Buen Hacer de la dirección facultativa, invirtiendo más tiempo y dinero en estudios arqueológicos en contra de una mayor productividad, pero consiguiendo mantener un criterio de restauración manteniendo las características iniciales de la construcción.

5. BIBLIOGRAFÍA

5. BIBLIOGRAFÍA

INFORMES DE LA CONSTRUCCIÓN

CASTILLA, FRANCISCO JAVIER. *“Revestimientos y acabados superficiales en construcciones con tierra contemporánea.”* Universidad de Castilla la Mancha, 2011.

FONT, FERMÍN. *“La tapia en España. Técnicas actuales y ejemplos.”* Universidad Jaume I de Castellón, 2011.

RAUCH, M. *“Paredes de tapial y su industrialización (encofrados y sistemas de compactación).”* 2011.

FONT, FERMÍN. *“Construcción en Tierra en el S.XXI.”*

TEXTOS SOBRE ARQUITECTURAS DE TIERRA

FONT, FERMÍN. *“Intervention in a rammed earth tower at the castle of Oropesa del Mar.”* Universidad Jaume I de Castellón.

BEATRIZ YUSTE. *“Arquitectura de tierra. Caracterización de los tipos edificatorios.”* Universidad Politécnica de Cataluña.

FONT, FERMÍN. *“Una intervención reciente: Consolidación de Muro de Tapia del tercer recinto del Castell Vell de Castellón”.* Universidad Jaume I de Castellón.

PABLO RODRIGUEZ NAVARRO. Tesis Doctoral *“La Torre Árabe Observatorio en tierras valencianas. Tipología Arquitectónica”* Universitat Politècnica de Valencia

PROYECTOS DE EJECUCIÓN

GIL-MASCARELL BOSCA, J. IGNACIO. *“Obras de consolidación de la muralla oeste y torres noroeste y oeste del Castillo de Cervera del Maestre (Castellón).”* Ministerio de Fomento 2010.

GIL-MASCARELL BOSCA, J. IGNACIO. *“Consolidación de lienzos y torre sudoeste del Castillo de Oropesa del Mar (Castellón).”* Excelentísimo Ayuntamiento de Oropesa del Mar 2011.