

LAS PINTURAS MURALES DE LA CIUDAD ÍBERO-ROMANA DE CÁSTULO, LINARES (JAÉN):

Estudio técnico y propuesta de diferentes sistemas de anclaje para su musealización.

Directoras de T.F.M.:
María Antonia Zalbidea Muñoz
María Pilar Soriano Sancho

Presentado por:
Irene Marta Calabria Salvador





UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



**LAS PINTURAS MURALES DE LA CIUDAD ÍBERO-ROMANA DE CÁSTULO,
LINARES (JAÉN):
Estudio técnico y propuesta de diferentes sistemas
de anclaje para su musealización.**

Trabajo Final de Máster
Departamento de Conservación y Restauración de los Bienes Culturales
Universitat Politècnica de València
Línea en Conservación y Restauración del Patrimonio Mural arqueológico

Directoras de T.F.M.:
María Antonia Zalbidea Muñoz
María Pilar Soriano Sancho

Presentado por:
Irene Marta Calabria Salvador

Valencia, 2013

Resumen

En este Trabajo Final de Máster se ha realizado un estudio teórico-práctico, para la aplicación de diferentes sistemas de anclajes que aporten una solución expositiva a las pinturas murales arqueológicas de la estancia del *Mosaico de los Amores* de la ciudad oretano-romana de Cástulo, en Linares (Jaén).

Para ello, en los dos primeros capítulos nos hemos centrado en una introducción histórica de la ciudad, así como, en el contexto de las investigaciones llevadas a cabo para entender de donde provienen dichas pinturas murales.

Después se ha llevado a cabo un estudio técnico, realizando ensayos granulométricos y estudios estratigráficos que hemos comparado con los datos aportados por la literatura clásica y los estudios arqueométricos efectuados en pinturas murales dentro del ámbito geográfico de la *Hispania* romana.

Por último, hemos realizado un estudio de los diferentes puntos de anclaje propuestos y sus sistemas de instalación. El primero se trata de un sistema de anclaje mediante imantación, mientras que el segundo, se trata de la aplicación de un conocido sistema constructivo llamado "*sistema de muro cortina*". Ambas soluciones tienen cabida según la ubicación final de la pieza.

Abstract

This Final Work of this Master shows a theoretical and practical study, that has been carried out in order to find different mooring systems, that could offer a possible solution to display the archaeological wall painting "*Mosaico de los Amores*" of "*Cástulo*", a Oretan-Roman city which was discovered in Linares (Jaen).

For this purpose, the first and second chapters contain a brief introduction about the history of the city and the context of the present study in order to know about that wall painting origin.

Afterwards, a technical study with grain size analysis and stratigraphic studies has been carried out. This results have been compared with the information provided by the classical literature and the researches on wall painting discovered in Roman Hispania, that have been developed throughout the History.

Lastly, a study of the different mooring points and their installation system has been made. The first one is a mooring system by magnetization, whereas the second one is the well-known structural system, which is called "Curtain Wall". Both solutions could be appropriate. It depends on the final location of the artwork.

Sumario

Resumen/ Abstract.	5
1. Introducción.	11
2. Justificación.	15
3. Objetivos.	19
4. Metodología del trabajo.	23
5. Desarrollo del trabajo.	27
5.1. Aproximación histórica de la Ciudad íbero-romana de Cástulo.	29
5.2. Contextualización histórica y actual de los hallazgos.	35
5.3. Estucos de la estancia del <i>Mosaico de los Amores</i> .	41
5.4. Propuesta de solución expositiva de los Estucos de la estancia del <i>Mosaico de los Amores</i> .	55
6. Conclusiones finales.	85
7. Bibliografía.	89
8. Agradecimientos.	97
9. Anexos.	101

1. Introducción



1. Introducción

El presente estudio está realizado con el fin de colaborar en las investigaciones llevadas a cabo por el proyecto *FORVM MMX*, que actualmente trabaja en el yacimiento arqueológico de Cástulo, Jaén. Entre sus avances más significativos están los hallazgos de dos construcciones públicas de época romana alto-imperial, situadas en el centro monumental de la ciudad de Cástulo. Estas construcciones podrían considerarse de distinguida relevancia en el status social de la urbe, aunque todavía no se ha identificado con precisión su función dentro de ella (cuestión que se prevé concretar y desarrollar en la próxima campaña de excavación). Dentro de lo que fue una importante estancia de uno de estos edificios, se encuentra pavimentado, y en excelente estado de conservación, el mosaico denominado *Mosaico de los Amores*² (ver fig. 1). Estancia cuyos muros fueron todos estucados y de los cuales se conservan gran cantidad en estado de fragmentación.

¹ Los datos extraídos del informe técnico inédito: CASTRO LÓPEZ, M. “*El proyecto FORVM MMX. Cástulo, Linares: Conjunto arqueológico de Cástulo; Consejería de Cultura y Deporte, Junta de Andalucía. Instituto Universitario de Investigación en Arqueología Ibérica, Universidad de Jaén*”, nos aclaran que el proyecto *FORVM MMX* surge a partir del proyecto integral *Siglo XXI en Cástulo*, el cual aplica sus líneas de investigación en el yacimiento arqueológico de Cástulo (declarado *Conjunto Arqueológico de Cástulo* en el año 2011 por la Consejería de Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía). En líneas generales, el proyecto se considera una iniciativa del entonces C.A.A.I. (Centro Andaluz de Arqueología Ibérica), actualmente reconocido como Instituto Universitario de Investigación en Arqueología Ibérica de la Universidad de Jaén. En los últimos tres años, el proyecto viene siendo financiado por la Consejería de Economía, Innovación, Ciencia y Empleo de la Junta de Andalucía. La Secretaría General de Universidades de la Junta de Andalucía será la encargada de la nueva subvención del proyecto, que debiera dar lugar a la continuación de los trabajos de excavación pendientes en campañas anteriores.

² NATIONAL GEOGRAPHIC. “*Grandes descubrimientos del 2012*”: El *Mosaico de los Amores* se ha considerado uno de los descubrimientos más importantes del 2012 reconocidos por la Nacional Geographic. No es de extrañar su importancia, dada la fineza de la técnica musivaria y que sólo existan, como este ejemplar, otros similares en Sicilia y el norte de África.

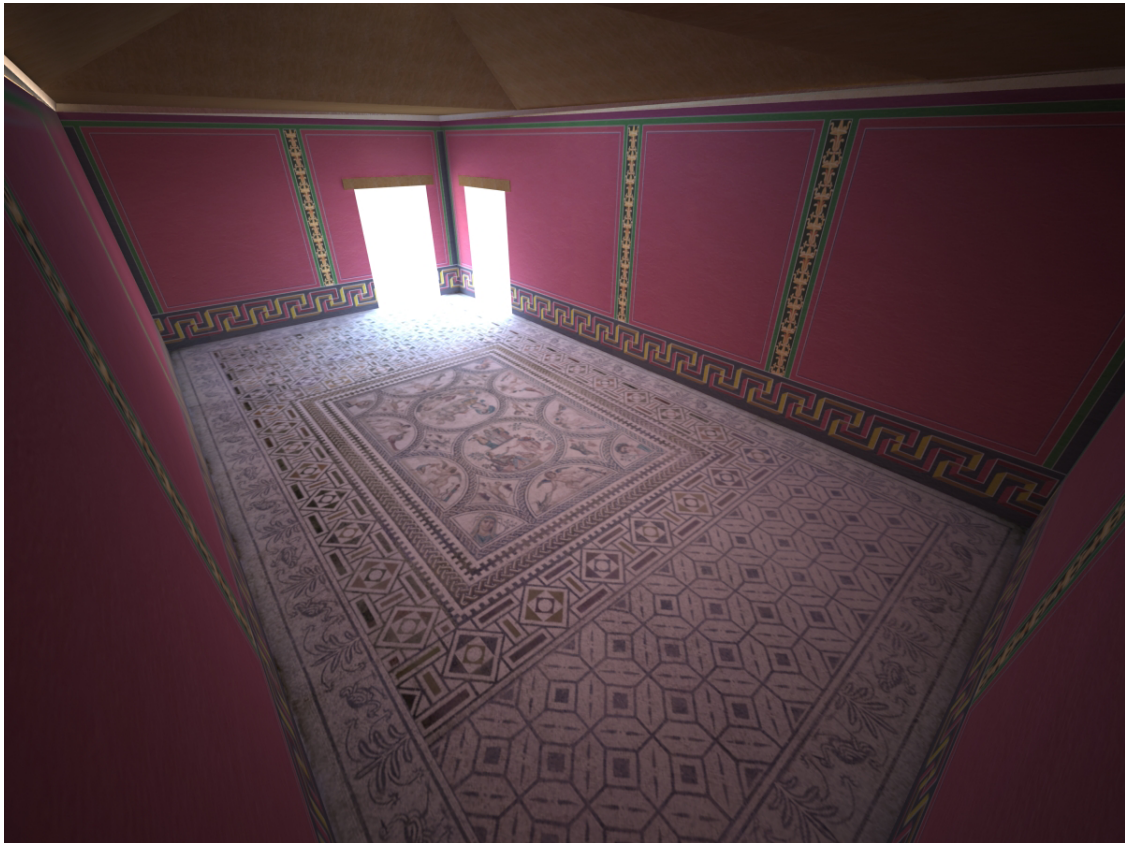


Fig. 1. Recreación virtual de la Estancia del Mosaico de los Amores. (Francisco Arias de Haro, Proyecto FORVM MMX).

2. Justificación



2. Justificación

Mi experiencia como colaboradora en este proyecto arqueológico en el verano del 2012, me permitió conocer, en la práctica, cómo trabaja un equipo de tal envergadura. Pude aprender mucho de esta experiencia y también pude desarrollar mis capacidades adquiridas en estos años de formación. Mi labor, en aquel momento, estuvo muy ligada a la extracción de los fragmentos de estuco que iban apareciendo en la estancia donde se halló el mosaico, así como, la consolidación de los revestimientos murales de otras salas del edificio que aún se mantenían sobre el muro. Por otro lado, se me permitió igualmente intervenir en el inicio de las labores de traslado a nuevo soporte de las pinturas murales de la estancia del *Mosaico de los Amores*.

El proyecto *FORVM MMX* pretende, en un futuro, musealizar algunas zonas del yacimiento arqueológico de Cástulo. Por supuesto, uno de los puntos principales en el recorrido didáctico será la estancia que alberga el mosaico. De manera que se acometerán diferentes trabajos para la puesta en valor de esta estancia. Entre estos trabajos está el de reubicar en su lugar, al menos, los estucos del muro norte, ya que, por el momento, son los que se han hallado en mejor estado de conservación (ver Fig. 2).

De modo que, mi interés se centró en este elemento mural, contemplando así la posibilidad de contribuir con una solución viable que pudiera ser considerada en una futura musealización del *Conjunto Arqueológico de Cástulo*.

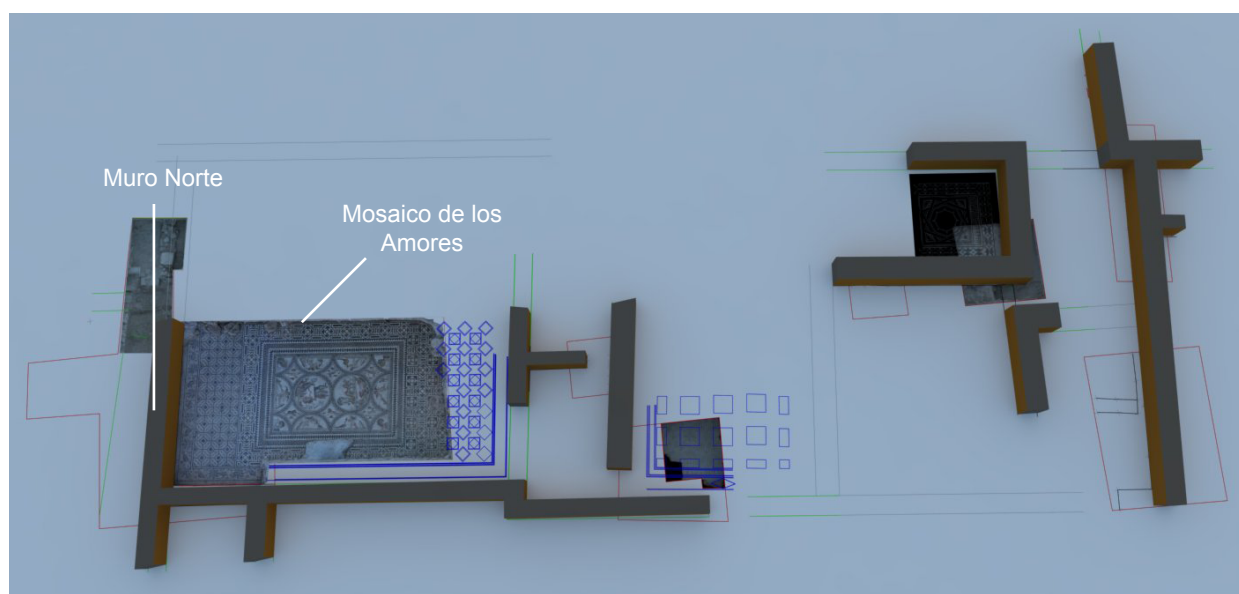


Fig. 2. Plano 3D donde se muestran los sondeos realizados y los datos de los que se dispone actualmente en esta zona excavada. (Imagen cedida por el proyecto *FORVM MMX*)

3. Objetivos



3. Objetivos

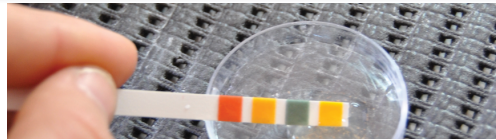
El objetivo principal de este Trabajo Final de Máster es el de plantear diferentes hipótesis o soluciones expositivas, en las cuales tendremos en cuenta la elección y selección de un nuevo soporte para las pinturas murales de la estancia del *Mosaico de los Amores*.

Para llegar a este fin prioritario, ha sido indispensable plantearse previamente unos objetivos secundarios que se corresponden directamente con el desarrollo de este estudio. Estos objetivos secundarios son:

- Realizar una aproximación histórica a la ciudad ibero-romana de Cástulo, con el fin de conocer y entender las culturas que han transitado por este lugar, e introducir y ubicar al lector en el contexto histórico-artístico.
- Contextualizar los hallazgos realizados en la ciudad de Cástulo que nos facilite la comprensión del conjunto arqueológico y, más concretamente, de los estucos objeto de este trabajo. Para ello, comenzaremos estudiando las primeras manifestaciones de interés por las ruinas de Cástulo, datadas del siglo XVII, de mano de humanistas curiosos del lugar; pasando por estudios de reconocido prestigio, entre ellos los realizados por D. José María Blázquez³; hasta llegar a las investigaciones que se llevan a cabo en nuestros días, mencionando las labores del proyecto *FORVM MMX*.
- Elaborar un estudio, tanto estilístico como pictórico, y de la técnica de ejecución de las pinturas murales de Cástulo y realizar una comparativa con los tratados antiguos y los resultados obtenidos en investigaciones arqueológicas pasadas.
- Y, por último, investigar a cerca de sistemas de anclaje que podamos aplicar a este caso concreto, además de realizar una revisión y propuesta de los materiales para soportes móviles.

³ Según: La Real Academia de la Historia [en línea] [ref. de 20 enero 2013]. Disponible en Web: <<http://www.rah.es:8888/ArchiDocWeb-RAH/action/isadg?method=retrieve&id=18973>>, D. José María Blázquez Martínez (07 de Junio de 1926) es un historiador y arqueólogo español, Catedrático de Historia Antigua de la Universidad Complutense de Madrid y Salamanca. Director de la revista *Gerión* y Académico Numerario de la Real Academia de la Historia, entre otras distinciones.

4. Metodología



4. Metodología

La metodología aplicada en la presente investigación, se basa principalmente en los siguientes puntos:

- La consulta y el cotejo de diferentes fuentes bibliográficas:

La primera información que hemos averiguado en fuentes de consulta ha sido principalmente para obtener los resultados arqueométricos de las diferentes investigaciones llevadas a cabo en el yacimiento arqueológico de Cástulo. Para ello, ha sido preciso recurrir a la revisión de material documental que encontramos en bibliotecas especializadas, entre ellas citaremos la biblioteca del *Instituto Universitario de Investigación en Arqueología Ibérica*, la biblioteca del *Museo Monográfico de Cástulo* en Linares y la biblioteca del *Museo de Prehistoria de Valencia*.

Para el desarrollo del trabajo fue indispensable recurrir a documentación científica facilitada generosamente por el director del proyecto *FORVM MMX*, Marcelo Castro López. De igual manera, fue imprescindible el asesoramiento de María Paz López Rodríguez, conservadora-restauradora de este proyecto; y las recomendaciones de Yolanda Jiménez Morillas, arqueóloga técnico superior del proyecto.

Además, se nos ha permitido el acceso a diferentes trabajos finales de Máster, los cuales han contribuido mucho en el avance de este estudio. Hacemos especial hincapié a “*Sistemas de anclaje para nuevos soportes de pinturas murales arrancadas*” de Paola Rozas Tortajada⁴, así como, “*Un Ensayo de Mínima Intervención en la aplicación de nuevo soporte en pintura mural arqueológica*” de Paola Zincone⁵. También, se han revisado investigaciones llevadas a cabo, entre las que destacamos Tesis Doctorales como “*Traslado a nuevos soportes de pinturas murales arrancadas*” de Pilar Soriano⁶. Entre muchas otras fuentes de documentación que pueden encontrarse en la bibliografía del presente trabajo.

Asimismo, es necesario indicar que muchos de los textos se encontraban en italiano, inglés o francés. De manera que, las citas referentes a estas fuentes, se han traducido al castellano para facilitar la comprensión del lector.

- Los estudios fotográficos de los fragmentos de estucos de la estancia del *Mosaico de los Amores*:

Estos estudios se han llevado a cabo mediante técnicas de fotografía documental con luz incidente generalizada y luz rasante. También ha sido

⁴ ROZAS TORTAJADA, P. “*Sistemas de anclaje para nuevos soportes de pinturas murales arrancadas*”.

⁵ ZINCONE, P. “*Un ensayo de mínima intervención en la aplicación de nuevo soporte en pintura mural*”.

⁶ SORIANO, M^a Pilar. “*Traslado a nuevos soportes de pinturas murales arrancadas*”.

interesante el uso de macro-lentes (Cámara fotográfica *Nikon D5100* con lentes acoplables *Kenko 52mm closed up*, nº 1, 2 y 3) y el microscopio óptico (Microscopio *Leica S8APO*, de 8 aumentos) para la obtención de documentación gráfica más detallada de las piezas de estuco y cornisa que el proyecto *FORVM MMX* amablemente nos cedió.

- Las interpretaciones de los análisis⁷ (Microscopía Óptica, M.O.; Microscopía Electrónica de Barrido combinada con Espectrometría de rayos X por dispersión de energías, SEM-EDX; y espectroscopía Infrarroja por Transformada de Fourier, FTIR) de algunos fragmentos murales, llevados a cabo en el año 2012 por el I.R.P. (Instituto de Restauración de Patrimonio de la Universitat Politècnica de València).
- Los análisis granulométricos realizados para diferenciar el tipo de árido empleado por los muralistas romanos de Cástulo.
- Los ensayos realizados a distintos tipos de imanes para conocer su respuesta en contacto con ambientes de tipo ácido y básico; y expuestos a agentes erosivos.
- Las consultas y entrevistas realizadas a diferentes especialistas en diversas materias han sido de especial importancia en el desarrollo de la propuesta de musealización de los estucos de la sala del *Mosaico de los Amores*, entre las cuales destacamos las realizadas a:
 - técnicos expertos en imanes procedentes de diferentes empresas de este sector como *I.M.A. (Ingeniería Magnética Aplicada, S.L.)* situada en Mollet del Vallés (Barcelona, España), *Supermagnete*⁸ con sede en Gottmadingen (Alemania), *JINMAG*⁹ (*Shagai Jinmagnets Industrial, CO. Ltd.*) en Shangái (China) y la empresa *P.P.H.U. "ENES"*¹⁰ (*Pawel Zientek*) localizada en Varsovia (Polonia), que nos facilitaron información acerca de cuáles eran los imanes más convenientes a usar.
 - Dr. Victor José Sánchez Morcillo, del Departamento de Física Aplicada de la Universidad Politécnica de Valencia, quien nos ayudó a aclarar algunas cuestiones acerca de la potencia de imantación de algunos de los imanes que estudiamos en este trabajo.
 - profesionales en el mundo de la Conservación y la Restauración como María Amparo Peirò Ronda, conservadora-Restauradora en el Museo de Prehistoria de Valencia, entre otros... Los cuales han solventado muchas inquietudes y dudas con su experiencia en el campo de la restauración y sus consejos prácticos.

⁷ DOMÉNECH CARBÓ, M^a. T. "Informe Analítico: pinturas murales de Cástulo". [Informe analítico inédito].

⁸ SUPERMAGNETE. Empresa especializada en imanes. [en línea] [ref. de 20 enero 2013].. Disponible en Web: <<http://www.supermagnete.es>>

⁹ JINMAG, Shagai Jinmagnets Industrial, CO. Ltd. [en línea] [ref. de 20 enero 2013].. Disponible en Web: <<http://www.jinmagnets.com/en/index/>>

¹⁰ P.P.H.U. "ENES" (Pawel Zientek). [en línea] [ref. de 20 enero 2013].. Disponible en Web: <<http://magnets-magnets.eu/>>

5. Desarrollo del trabajo



**5. 1. Aproximación histórica de la ciudad Íbero-romana
de Cástulo**



5.1. Aproximación histórica de la ciudad ibero-romana de Cástulo

Ubicación

Cástulo¹¹ era una ciudad situada en la parte alta del valle del Guadalquivir a cinco kilómetros al sudeste de la actual ciudad de Linares (Jaén) (ver fig. 3). Sus vestigios se elevan sobre una meseta limitada al Sur por el río Guadalimar -uno de los principales afluentes del río Guadalquivir- y al occidente por el Arroyo San Ambrosio.



Fig. 3. Recreación virtual de la ciudad de Cástulo romana. (Francisco Arias de Haro, Proyecto FORVM MMX).

Según Blázquez, la buena situación geográfica de esta zona, junto con su riqueza agrícola, ganadera y minera, hizo que fuera un territorio muy disputado y deseado por antiguas civilizaciones, sobre todo, por romanos y púnicos:

“Cástulo, uno de los centros productores de plata más importantes de la Hispania antigua se sitúa en el corazón de una región tradicionalmente minera en la zona de Linares- La Carolina- Santa Elena- Bailén, productora de hierro, cobre, plomo, anglesita y plata. Por su situación geográfica en las puertas de Despeñaperros, camino de la meseta y paso obligado hacia la Bética, emplazada en un estratégico nudo de caminos

¹¹ BLÁZQUEZ, J. M^a, et al., “Cástulo, una importante ciudad oretano-romana” [2]. p. 1: “Su denominación latina fue Cástulo, nombre con que nosotros actualmente lo conocemos, salvo que la colocación del acento ortográfico, varió habida cuenta que en latín culto Cástulo era voz llana. En el lenguaje popular latino el acusativo Castilonem se convirtió en Castalona del que tomó la nominación árabe Qastuluna. Más adelante se nombre Cazlona por conversión de ‘st’ en ‘z’. Por corrupción de este último vocablo el vulgo ya en época moderna llamó a la antigua ciudad [...] Cardona o Caldonga. Este quedó como topónimo de un molino arruinado situado al pie del cerro en el que se alzaba la ciudad”.

llegó a ser uno de los principales núcleos de distribución y aprovisionamiento de productos materiales y centros de recepción y difusión de valores culturales¹²”.

“La proximidad del Guadalimar favoreció extraordinariamente el intercambio con las grandes ciudades situadas a orillas de río y esteros. El mineral se transportaba Guadalquivir abajo hacia puertos de embarque de Hispalis y Gades. Estrabón confunde esta arteria fluvial con el Betis cuando da noticias de navegabilidad del mismo¹³”.

El *oppidum* de Cástulo estuvo amurallado y en gran parte se conservan los cimientos o las trazas de las murallas. También restos de construcciones se vislumbran dentro del perímetro de lo que era la ciudad; aunque, como suele venir ocurriendo en yacimientos arqueológicos de este tipo, muchos de estos restos sirvieron para la construcción posterior de ciudades vecinas como Baeza, Úbeda, Linares, Torreblascopedro y cortijadas de los alrededores. Y también fue muy común su empleo para las edificaciones de caminos y canales, como pontanillas del ferrocarril, el *Puente Quebrada* del Guadalimar, o simplemente hornos de los caleros¹⁴.

Contexto histórico

Cástulo, la ciudad ibero-romana (como se le conoce), se denomina así por su gran esplendor en estos períodos históricos y por ser tan deseada, como decíamos, por ambas culturas. Aunque, han pasado por estas tierras muchas más civilizaciones. Prueba de ello son los restos arqueológicos que se han venido encontrando desde que esta ciudad dejó de existir como tal; y es que esta zona ha sido ininterrumpidamente habitada desde el siglo IX a.n.e. hasta el siglo XV d.n.e.¹⁵

Afirma Blázquez¹⁶ que, aunque ya se han realizado muchas expediciones que han corroborado la existencia de edificaciones que dependen de la ciudad, existen poblados en las inmediaciones todavía sin excavar.

Como sabemos, el motivo que atraía los movimientos colonizadores a la lejana Iberia eran sus grandes recursos mineros. La zona meridional de la península, y sobre todo, Sierra Morena contaba con numerosos yacimientos mineros explotados ya por argáricos¹⁷. De hecho, la situación estratégica de Cástulo y la abundancia de

¹² *Ibíd.*

¹³ BLÁZQUEZ, J. M^a; et al. Op. cit., [2]. p. 2

¹⁴ BLÁZQUEZ, J. M^a; et. al. “Acta de Arqueología Hispánica, 8. Cástulo I”. [1]. pp. 12 y 13

¹⁵ EL PAÍS. “La historia enterrada de Cástulo. Las ruinas, en las afueras de Linares, evocan el esplendor de una gran urbe romana”. [en línea] [ref. de 08 abril 2013]. Disponible en Web: <http://elpais.com/diario/1998/07/10/andalucia/900022953_850215.html>

¹⁶ BLÁZQUEZ, J. M^a; et al. Op. cit., [2]. p. 2

¹⁷ Según un artículo publicado por TRISTÁN, R. M^a. en el Periódico *El Mundo*, “Un colapso ecológico acabó con la cultura argárica del Sudeste ibérico. El fin de aquella sociedad fue provocado por la deforestación de los bosques”, se cree que los argar (denominados de esta manera porque los

galenas argentarias en esta región la convirtió en un lugar muy atractivo para otros pueblos del mediterráneo oriental. De manera que, sus primeros colonizadores fueron griegos y fenicios. Estos colonos tenían como única finalidad mantener un comercio activo de la plata con los indígenas de la zona (íberos). Siempre respetando la legitimidad territorial que a los indígenas pertenecía¹⁸.

La plata, metal tan abundante en este territorio, también es el motivo por el cual los íberos hacen de este su reino desde los primeros tiempos, proclamando Cástulo como capital de la provincia de Oretania, y que más tarde fue motivo de disputas entre romanos y cartagineses en la Segunda Guerra Púnica¹⁹ (218-205 a.C.):

“Con el nombre de oretanos designa Estrabón una de las tribus iberas de época, ambiente, cultura e idioma tartésico, que, conjuntamente con los carpetanos (ocar-pessios) y los vettones, ocupaban la parte sur de la Meseta Central. El nombre de oretanos consta de una radical, OR y un sufijo ibérico, TANUS o TANOS, muy abundante en tribus del área ibero-tartésica. Etimológicamente viene a significar ‘los de la montaña’²⁰”.

Finalmente, los cartagineses fueron derrotados por las tropas de la República romana bajo el mando de Publio Cornelio Escipión Africano, quien tomó la ciudad para, según decían, engrandecerla con grandes privilegios²¹ como el de acuñar una moneda propia. En este momento, se convierte en una de las sedes obispales del Imperio Romano. Tal es la importancia de Cástulo que cronistas de la talla de Estrabón, Polibio, Plinio el Viejo o Tito Livio la citaban a menudo en sus escritos. Siendo una de las diez ciudades más mencionadas en las fuentes clásicas, junto con *Corduba* (Córdoba) y *Tarraco* (Tarragona). Pero, a partir del siglo III de nuestra Era, la ciudad romana empieza a sufrir una decadencia minera que traerá consigo una crisis económica importante que continuará y se agravará durante toda la Edad

primeros restos de su existencia fueron hallados en El Argar, Almería) fue una de las primeras sociedades urbanas de la Europa Occidental en Edad de Bronce. Aunque su desaparición fue repentina, hace unos 1.500 años a. C. Hay quien creen que se debió al agotamiento de las minas de las que se suministraban para fabricar materiales de caza como hachas o puñales y también ajuares; otros hablan de invasiones o de cambio climático. Sin embargo, José S. Carrión del Departamento de Biología Vegetal de Murcia remarca, en la revista científica *Quaternary Science Reviews*, que pudo haberse sucedido un desastre ecológico causado por el hombre en una región que además tenía el hándicap de ser propensa a la sequía.

¹⁸ BLÁZQUEZ. J. M^a; et. al., Op. cit., [1], p.22

¹⁹ BLÁZQUEZ. J. M^a; et. al., Op. cit., [1]. p. 24: *“Para asegurarse el control de los enclaves más importantes de esta zona minera, el general cartaginés Aníbal se esposó con la princesa íbera Himilce, hija del rey Mucro de Cástulo. A partir de este enlace, el pueblo íbero pasó a aliarse con los cartagineses, y la ciudad pasó a ser núcleo económico de los Barca: Asdrúbal y Aníbal”.*

²⁰ BLÁZQUEZ. J. M^a; et. al., Op. cit., [1]. p. 19

²¹ TRISTÁN, R. M^a, Op. cit.: La ciudad no sufre grandes cambios por motivos bélicos ya que, tras la invasión romana, los íberos que la habitaban se rindieron por miedo a vivir más guerras, mediante un Tratado firmado en el siglo III a. C., donde se ofrecían a convivir con los romanos aceptando cambios Institucionales y, a cambio, éstos les eximía de pagar impuestos.

Media. Teniendo importancia como sede episcopal visigótica pero quedando ésta obsoleta trasladándose a Baeza.

El punto final a esta decadencia se materializa tras la conquista musulmana, en la cual la hegemonía de *Qastuluna* (nueva designación que recibe la ciudad bajo el dominio árabe) tiene una durabilidad efímera con la sublevación de los muladíes al poder central cordobés. Después Cástulo sigue existiendo (pasa a llamarse *Ca-zlona*), aunque poco se habla de ella en fuentes históricas en fechas posteriores; desapareciendo definitivamente como ciudad en los siglos XV y XVI, fecha en la que pasa a ser refugio de bandidos que hacen intransitables sus proximidades²².

²² BLÁZQUEZ. J. M^a; et. al., Op. cit., [1], p. 21-35

5. 2. Contextualización histórica y actual
de los hallazgos.



5.2. Contextualización histórica y actual de los hallazgos

Historia general de las investigaciones de la ciudad oretanorromana

El conjunto arqueológico de Cástulo tiene un ciclo culturoológico muy amplio. Si atendemos al ciclo más importante de la ciudad, el ibero-romano, podemos dividir el enclave en dos zonas bien diferenciadas: un sector corresponde a la urbe misma amurallada y el otro sector, que se encuentra disgregado fuera de los límites de la ciudad, está constituido por las villae²³ y las necrópolis. En las proximidades de Cástulo se han encontrado también factorías, infraestructuras públicas y otras instalaciones suburbanas, pero también asentamientos de época Prehistórica hasta la Edad Media.

Desde su completo abandono (en el s. XVI), la práctica que se venía realizando en Cástulo era la simple recogida de piezas que iban apareciendo en superficie. Ya por aquel entonces surgió un especial interés por este lugar. Humanistas como Andrea Navagero o Ambrosio Morales iniciaron en este lugar una búsqueda de restos arqueológicos, comenzando así un pequeño estudio sobre éstos, el cual se continuó y afianzó a lo largo de la historia, hasta nuestros días²⁴.

La creación del Museo Arqueológico en 1956 (monográfico de Cástulo y antiguo palacio renacentista de los Dávalos Biedma, ubicado en el corazón de la ciudad de Linares), fue el punto de partida para las investigaciones de índole científica. Rafael Contreras de la Paz fue el fundador de este museo. Le caracterizó siempre su gran interés por este yacimiento y fue el impulsor para que el Estado adquiriera el terreno²⁵.

Las investigaciones que mencionamos fueron llevadas a cabo, en las inmediaciones de la ciudad castulonense, por investigadores como Álvaro D'Ors, Gloria Trías, Claude Domergue, Antonio Arribas, etc. Sendas campañas²⁶, de 1968 y 1969, se

²³ Se trata de villas rústicas o casas de campo que los ciudadanos más pudientes de las ciudades romanas poseían fuera de la ciudad para el disfrute y descanso. También podía tratarse de una villa modesta al servicio de una explotación agrícola y/o ganadera.

²⁴ CONSEJERÍA DE CULTURA Y DEPORTE. Museos de Andalucía. "Conjunto arqueológico de Cástulo: historia investigaciones". [en línea] [ref. de 19 enero 2013]. Disponible en Web: <http://www.museosdeandalucia.es/culturaydeporte/museos/CACS/index.jsp?redirect=S2_2.jsp>

²⁵ *Ibid.*

²⁶ Según BLÁZQUEZ, J. M^a et. al. en: "Acta de Arqueología Hispánica, 8. Cástulo I". 1974, p. 11, 12, la campaña de 1968 se llevó a cabo de mano de Antonio Arribas Palau de la Universidad de Granada, en el "Molino de Caldoná", en la finca de Torrubia (Linares), situada en las proximidades de la ciudad de Cástulo. Se trataba de una necrópolis donde se encontraron cerámicas ibéricas y Kylikes áticos de barniz rojo y negro, así como ajuares pertenecientes a los difuntos. Dichos resultados de la campaña fueron publicados en la revista del Museo Monográfico de Linares, ORETANIA (fundada en enero de 1959). Mientras que, la campaña de 1969 fue costeada y coordinada por el Museo arqueológico de Linares, y efectuada en el "Cortijo de Los Patos", que linda también con la ciudad de Cástulo. Aquí igualmente se halló una necrópolis ibérica con cerámicas ibéricas y áticas de barniz rojo y kylikes de barniz negro.

efectuaron en dos necrópolis ibéricas.

Ya en 1970 y hasta 1991, las investigaciones pasaron a manos de José María Blázquez. De este investigador se conservan numerosas actas de arqueología Hispánica²⁷ (I-V) en relación a Cástulo, donde documenta las intervenciones llevadas a cabo durante esos veintiún años. A partir de 1991 hasta el 2011 se han promovido trabajos de excavación, restauración, consolidación y mantenimiento de Cástulo, y de su Museo, a cargo de la Junta de Andalucía. En dichos trabajos se han sacado a la luz vestigios que dan crédito a las diferentes civilizaciones que han pasado por estas tierras:

NÚCLEOS NÓMADAS :

- Las prospecciones superficiales realizadas en el entorno castulonense han hallado útiles líticos, raspadores, raederas, hachas pulimentadas, etc.

PRIMEROS ASENTAMIENTOS:

- Muralla Norte: vestigios de la Edad del Bronce que ya hablan del asentamiento que comenzaba a tener importancia como núcleo urbano.

- Cerro de la muela: en una fase anterior al Templo Fenicio de la Muela ya se encontraron restos de la población indígena.

FENICIOS:

- Templo de la muela: que podría identificarse como un templo o palacio aristocrático. Los colonizadores griegos y fenicios mostraron mucho interés por estos territorios tan ricos en minerales y recursos naturales.

ÍBEROS:

- Muralla Norte: ruinas que hablan de los orígenes más antiguos de la ciudad (segundo milenio a.C. -Edad de Bronce) y también de civilizaciones posteriores, entre ellas, la ibérica.

- Necrópolis: las murallas de la ciudad lindan con estos túmulos con piedras cuyos restos pueden contemplarse en el Museo Arqueológico de Linares y monográfico de Cástulo.

PÚNICOS:

- Hasta el momento (2013) no existen hallazgos de estructuras en el Conjunto Arqueológico de Cástulo. Aunque sí se conoce su existencia gracias a monedas encontradas en los alrededores. Así como, testimonios escritos del enlace perpetuado entre el general cartaginés Anibal Barca y la princesa íbera Himilce.

²⁷ El Instituto Universitario de Investigación en Arqueología Ibérica, junto con la Biblioteca Central de la Universidad de Jaén, nos permitió el acceso a dichos tomos y demás bibliografía sobre este yacimiento.

ROMANOS:

- Cisternas secundarias: obras de ingeniería hidráulica, la mayoría de ellas situadas en torno a la zona más alta de la ciudad, y pertenecientes a la época alto-imperial. Servía para abastecer de agua a la ciudad.
- Cisternas principales: depósito general localizado en la zona más alta de la meseta.
- Necrópolis: se trata de tumbas excavadas en el suelo (incineración e inhumación), colindantes a la parte amurallada de la ciudad.
- Termas y parte de trazado urbano: hallada una calle porticada y sobre ella un pequeño edificio de planta basilical, una fuente ovalada, dos estancias con suelo de ladrillo espigado, letrinas públicas y la cabecera de grandioso edificio.

VISIGODOS:

- Necrópolis: en la zona Norte, también se han encontrado tumbas de tipo cista datadas de época visigoda.

MUSULMANES:

- Torre almohade de Santa Eufemia, que constata la presencia islámica en Cástulo.

Situación actual de los hallazgos: buscando el Foro romano de Cástulo

En el año 2010, el proyecto fue presentado en la convocatoria de ayudas a proyectos motrices de la Consejería de Economía, Innovación, Ciencia y Empleo de la Junta de Andalucía²⁸. El objetivo principal del proyecto era la localización y caracterización del foro²⁹ de la ciudad romana de Cástulo (de ahí, su nombre "FORVM MMX"). Aunque es a partir del 2011 cuando se inicia la primera campaña de excavación de la mano del director del Museo Arqueológico de Linares: monográfico de Cástulo y del proyecto, Don Marcelo Castro; de la directora del yacimiento arqueológico Doña Concepción Choclán; dirigido por la Consejería de Cultura y Deporte en colaboración del Instituto Andaluz de Arqueología Ibérica de la Universidad de Jaén.

Según el informe que el director del proyecto nos facilitó³⁰, hasta el momento se

²⁸ En el mismo año, el 26 de julio de 2010, se crea, por Decreto, el Conjunto Arqueológico de Cástulo. Según: CONSEJERÍA DE CULTURA Y DEPORTE: "Instituciones culturales: Conjunto arqueológico de Cástulo, [en línea] [ref. de 05 febrero 2013], disponible en Web: <http://www.juntadeandalucia.es/culturaydeporte/web/consejeria/instituciones_culturales/b7db0b73-c543-11de-8f91-000ae4865a05>, es el único sitio arqueológico que goza de este reconocimiento en la provincia de Jaén.

²⁹ El foro romano representa el centro neurálgico de la ciudad y el espacio público por excelencia. En este punto se ubica la intersección de las dos vías principales de la ciudad: *cardum* y *decumanus*.

³⁰ CASTRO LÓPEZ, M. "El proyecto FORVM MMX. Cástulo, Linares: Conjunto arqueológico de Cástulo, Consejería de Cultura y Deporte, Junta de Andalucía. Instituto Universitario de Investigación en Arqueología Ibérica, Universidad de Jaén".

han sondeado dos zonas:

- En la primera zona, se ha encontrado un edificio de carácter público situado en el centro monumental de la ciudad. Su función específica aún está por determinar, aunque resulta evidente su relevancia social a juzgar por la calidad del pavimento mosaico hallado en una de sus estancias principales.
- En la segunda zona se ha explorado un edificio, también de carácter público, que parece haber sido abandonado y derribado en los siglos IV y V d. C. Tras estos sucesos es reocupado en algunas zonas posiblemente por una comunidad judía.

Muchas de estas hipótesis se están aún contrastando. Se plantean futuras excavaciones para determinar estas cuestiones y conseguir nuevos hallazgos que desvelen más datos sobre la historia de esta ciudad.

5. 3. Estucos de la estancia del *Mosaico de los Amores*



5.3. Estucos de la estancia del *Mosaico de los Amores*

Estudio estilístico y técnica de ejecución de los estucos

La pintura mural romana en Hispania no ha sido ampliamente estudiada, desde el ámbito arqueológico, hasta finales del siglo XX. De hecho, los estudios llevados a cabo en este punto geográfico se encuentran, aún hoy, en clara desventaja con respecto a las investigaciones acometidas por otros países europeos, a pesar de contar con cuantiosos medios y recursos materiales. La escasez de publicaciones científicas ha dificultado, durante mucho tiempo, la comprensión del patrimonio mural existente en la península. La primera obra que aborda el tema y que merece mención data del siglo XIX, y es el “*Sumario de las antigüedades romanas que hay en España*” escrito por Ceán Bermúdez³¹. Pese a contar con esta excelente obra, pocos fueron los avances ofrecidos en este campo hasta finales de los años 70 y principios de los 80, del pasado siglo; período en el cual Lorenzo Abad³² escribe su tesis doctoral en la que formaliza una catalogación de todas las piezas murales romanas encontradas en la península Ibérica. Hasta aquel momento, sólo contábamos con datos empíricos sobre técnicas de ejecución, así como datos sobre la génesis de algunos pigmentos aportados por la literatura clásica grecorromana. Por su parte, la investigación arqueológica se ocupaba únicamente de constatar estas reseñas que los clásicos nos transmitían.

A partir del trabajo realizado por Abad, se muestra un interés creciente por la pintura mural arqueológica. De modo que, *a posteriori*, se profundiza en la investigación y publicación de los datos arqueométricos que se van adquiriendo en las numerosas investigaciones llevadas en diferentes yacimientos de la península.

Gracias a todos estos estudios y a las fuentes escritas, hemos podido realizar un primer acercamiento general sobre las técnicas, tanto de elaboración como estilísticas, de la pintura parietal romana en este rincón del Imperio.

Primera aproximación a la técnica constructivo-pictórica a través de literatura grecolatina y datos sobre las investigaciones arqueológicas en Hispania

Han existido cuantiosos autores que hablan de cómo preparar el soporte mural: Vitruvio, Plinio, Catón, Columela, Paladio y Faventino³³. Aunque la fuente literaria principal de la cual se ha extraído la mayor parte de esta información la encontramos bajo la mano de Vitruvio. El erudito romano reúne información que abarca todas las fases de este trabajo, los materiales edicios y pictóricos. También aporta ciertas recomendaciones para dicha tarea:

³¹ CEÁN BERMÚDEZ, J. A. “*Sumario de las antigüedades que hay en España, en especial las pertenecientes a Bellas Artes*”.

³² ABAD CASAL, L. “*La pintura romana en España*”.

³³ OLMOS BENLLOCH, P. “*Preparación pintura mural en el mundo romano*”. En: *Ex novo III: Revista d'història i humanitats*. p. 28

desde la preparación del muro, la manera de aplicación de la argamasa (mortero), hasta los pigmentos e instrumentos que se usaban en tales procesos³⁴. Otra de las lecturas clásicas que contribuye al conocimiento de la técnica, se la debemos al escritor romano, Plinio el Viejo³⁵. Éste se centra, sobre todo, en el origen de algunos de los pigmentos que se empleaban en la época. Tanto Plinio como Vitruvio van a ser los referentes teóricos de fuentes clásicas para el conocimiento de la técnica pragmática de elaboración de la pintura mural en la antigüedad.

Se considera que la técnica de la pintura mural romana no ha tenido una continuidad lineal a lo largo de la historia romana. De hecho, el período comprendido entre los siglos II a.C. y III d.C. es considerado el período de mayor esplendor. En cambio, en la Hispania romana el período se reduce, como bien concluye Abad:

En España, salvando algunos restos emporitanos, las más antiguas decoraciones pintadas romanas se remontan al siglo I d.C. y aparecen en abundancia hasta el s. IV, para hacerse más raros en el V y perdurar en el VI, repitiendo modelos y esquemas decorativos propiamente romanos, muchos de los cuales pasarán a la pintura medieval³⁶.

Alguna de las recomendaciones más notables de Vitruvio, es la que éste realiza sobre el empleo de arena de río para revoques. Del mismo modo, desaconseja la arena de mar debido a que el revoque absorbería el salobre y se desprendería el enlucido. Con respecto a la cal, el tratadista selecciona la piedra porosa por ser más blanda³⁷. También Vitruvio habla de la larga maceración a la que debe ser expuesta la cal; aunque no especifica cuán preciso debe ser el tiempo a macerar. Sólo especifica que no deben quedar restos de la piedra de la cal y si los hubiera, hay que cerciorarse de que se deshacen por completo en este proceso de maceración. Para ello, la cal, según el ilustrado, se deja en un hoyo y cuando se extrae para su uso, la manera de saber si está preparada correctamente es comprobando que no se adhiera a un metal:

Se logrará un buen enlucido si se maceran las mejores piedras de cal mucho tiempo antes de que se utilicen, con el fin de que, si hubiera algunas piedras que no están suficientemente cocidas en el horno, queden bien cocidas tras permanecer largo tiempo en maceración, sin interrupción. Cuando la cal no está perfectamente macerada y es reciente, como tiene pequeñas piedrecitas sin cocer, al echarla produce ampollas, se va deshaciendo y acaba destruyendo la superficie del estuco, si se macera una vez comenzada la obra. [...] tómese una azada y, como si se tratara de cortar madera, azólese la cal macerada en el mismo hoyo

³⁴ VITRUVIO. “*Los Diez Libros de Arquitectura*”. Libro VII, cap. 3, pp. 265-293.

³⁵ PLINIO EL VIEJO. “*Historia Natural*”. Libro XXXV: “*Mineralogía, usos de la tierra, pigmentos, discusión sobre el arte de la pintura, y el uso del sulfuro*”, cap. 79 – 92

³⁶ ABAD CASAL, L., Op. cit., p. 286

³⁷ VITRUVIO, Op. cit., Libro II, cap. 5, p. 107

[...]. Si sacamos la azada completamente seca y limpia, es señal de que es cal muerta y seca³⁸.

El revestir los muros de los edificios es una práctica que proviene de la cultura helenística. Es interesante mencionar, muy brevemente, a los artesanos romanos que trabajaban el muro (del latín: *tectorius*). Éstos dan su nombre a los revocos o estratos del muro sobre el que trabajaban; así que se llamaba *tectoria* al conjunto de capas de mortero que después se enlucen³⁹.

Como sabemos, los decoradores en el mundo romano no eran considerados artistas. Su trabajo era una actividad anónima que corría a cargo de esclavos y libertos; y cada uno tenía funciones diferentes dentro de las distintas fases de elaboración de la pintura mural. Por tanto, el *dealbator* se ocupaba del blanqueamiento⁴⁰, el *pictor parietarius* era el encargado de realizar el trabajo “fino⁴¹” decorando la pared. Y por último, la figura del *pictor imaginarius* entraba en escena cuando la decoración era más compleja⁴², así como, el *pictor coronarius* que trabajaba la zona de la cornisa.

El trabajo realizado por los artesanos de la pintura mural precisaba una gran destreza técnica. Por tanto, a la labor que realizaban estos artesanos muralistas se le confería una gran importancia en el mundo romano. Tanto es así que se consideraba de mayor importancia la labor del pintor que la de un “mosaísta⁴³”. De esta forma, se desmiente la falsa creencia que desvirtuaba la tradición muralista romana y que propugnaba ésta como un trabajo pobre, dedicado simplemente a imitar materiales nobles muy utilizados en la antigua Grecia con la finalidad de sustituirlos por otros menos elaborados: “Un mosaico resultaba más caro que la decoración pintada de toda la habitación, pues requería muchas más jornadas de trabajo. Pero el pintor [muralista] estaba mejor remunerado -y, por tanto, considerado- que el mosaísta⁴⁴”.

Existían además talleres artísticos, tanto fijos como itinerantes. Estos últimos, dirigidos por *pictori peregrini*. Olmos⁴⁵ sostiene que, según Hernández⁴⁶, estos artesanos peregrinos son los encomendados de divulgar los estilos

³⁸ VITRUVIO, Op. cit., Libro VII, cap. 2, p. 265

³⁹ OLMOS, P., Op. cit., p. 26

⁴⁰ El *dealbator* realizaba el trabajo preliminar (enlucido) a la aplicación de la pintura decorativa.

⁴¹ Por “fino” entendemos la decoración pictórica plana (de fondo) o de tema esquemático y repetitivo, que los romanos dominaban con gran virtuosismo, sobre todo, en períodos comprendidos dentro del IV estilo pompeyano (desde mediados del siglo I d.C. hasta finales de éste).

⁴² ADAM, J. P., “*La construcción romana: materiales y técnicas*”, p. 242

⁴³ Abad en Op. cit., p. 23, utiliza este término para referirse a los artesanos encargados de la elaboración de los mosaicos.

⁴⁴ ABAD CASAL, L., Op. cit., p. 23

⁴⁵ OLMOS, P., Op. cit., p. 27

⁴⁶ HERNÁNDEZ RAMÍREZ, J. “*La praxis de la pintura mural Emerita Augusta. La pintura romana antigua*”. p. 40

nuevos en todo el territorio Imperial.

En cuanto a la preparación del revestimiento mural, la cantidad de estratos preparatorios varía dependiendo del período y de las circunstancias de cada obra. Nos contaba Vitruvio⁴⁷, que se aplicaban estos estratos, inmediatamente después de haber dispuesto los techos y las cornisas. Asimismo, explica que es justo el empleo de seis capas preparatorias. La primera capa se trata de un estrato de yeso⁴⁸ aplicado con una llana y repasada con la plomada y la escuadra. El segundo y tercer estrato, una vez seco el primero, se aplican para hacer más sólido y estable el revestimiento. Se comienza entonces a dar cuerpo a la preparación con una mano de virutas de mármol, a la cual, después de secarse, se aplica otra con polvo de mármol. Por último, antes de que seque la anterior, se reviste con otra capa de polvo de mármol⁴⁹, pero esta vez, de granulometría aún menor.

Plinio el viejo⁵⁰ reduce el número de capas preparatorias a cinco. Respecto a los pigmentos, Plinio⁵¹ afirma que los antiguos pintaban con una mezcla de cuatro colores: blanco, ocre, rojo y negro. Y Vitruvio profundiza en esta apreciación diciendo que estos colores corresponden al minio, la crisocola, la púrpura y el azul de Armenia⁵². Aunque se ha comprobado que no siempre se emplean estos pigmentos. Depende mucho de la zona geográfica, y también, de la importancia del edificio que alberga las pinturas. De hecho, en los estucos de Cástulo encontramos pigmentos blancos (lechada de cal), negros (tierra rojiza mezclada con negro carbón), ocre (tierra ocre amarilla rica en óxido de hierro), unos rojos (óxido de hierro con óxido/carbonato de plomo) y otros rojos (sulfuro de mercurio), púrpuras (óxido de hierro, hematita) y azules (azul egipcio), sombras (terra natural con óxido de hierro) y verdes (carbonato cálcico con partículas de óxido de hierro)⁵³ (ver fig. 4).

Las comprobaciones arqueológicas de los fragmentos que se iban ha-

⁴⁷ VTRUVIO, Op. cit., LIBRO VII, cap. 3, p. 267 - 268

⁴⁸ Cabe reseñar que hemos localizado numerosas transcripciones de las recomendaciones de Vitruvio. Éstas probablemente cambian dependiendo del autor que traduce el texto original. Encontramos que ORTIZ Y JANZ, J., en su traducción de "Los diez libros de la *Architectura*, de *M. Vitruvio Polión*" del año 1787, p.171, utiliza el término *jaharrado* para traducir la palabra *stucco*. Mientras que, OLIVER J.L., en su versión "Los diez libros de *Arquitectura. Vitruvio*" de 1995, p. 267, utiliza el término yeso. Es probablemente en época moderna cuando se consolida esta interpretación del término *stucco*, entendiéndose éste como un mortero de cal.

⁴⁹ ZALBIDEA, M^a A. en sus apuntes inéditos sobre: "Los componentes de las pinturas murales", p. 3, aclara que: "La marmolina, polvo de mármol o mármol molido, procede del metamorfismo de la piedra caliza, aunque menos porosa por este cambio sufrido. Podemos encontrar que éste va acompañado de calcita cristalizada o de grafito (mármol negro), óxido de hierro (rojo)... Se suele emplear en el enlucido, para obtener un fondo más blanco y luminoso. Podemos denominarlo: mármol triturado en forma de arena de diferentes calibres, siendo más convenientes los del calibre 2 mm, 1,2 mm, 0,8 mm. y el polvo que está entre 350 y 400 micras de diámetro".

⁵⁰ PLINIO EL VIEJO, Op. cit., Libro XXXVI, cap. 177, p.171

⁵¹ PLINIO EL VIEJO, Op. cit., Libro XXXV, cap. 32, p.299

⁵² VTRUVIO, Op. cit., LIBRO VII, cap. 5, p. 186

⁵³ DOMÉNECH CARBÓ, M^a. T. Op. cit.

llando, constataron que las fuentes clásicas no tienen demasiada aplicación práctica. Ciertamente, se han encontrado ejemplos de las seis capas de preparación de las que hablaba Vitruvio pero estos casos son aislados y se sitúan puntualmente en la capital del Imperio. Nos referimos a la *Casa de Livia* y *Villa* en Roma. En estos casos, es posible que nos encontremos ante posibles patrones que recoge Vitruvio en su texto y seguramente ejecutados en el momento en que éste redactó su tratado. Por ello no podemos considerar las recomendaciones de Vitruvio como ejemplo paradigmático a seguir, incluso podríamos considerar ambos casos como las grandes excepciones⁵⁴.



Fig. 4. Sección transversal donde se identifican la capa pictórica de azul egipcio, y la capa preparatoria de cuarzo y feldespato cementados con calcita. Fuente: Doménech Carbó M. T.: "Informe Analítico".

Técnica de ejecución de los Estucos de la estancia del *Mosaico de los Amores*

- Capas preparatorias

Efectivamente, la gran mayoría de las pinturas murales romanas se componen únicamente de tres capas preparatorias. Como modelos pragmáticos del empleo de estos tres estratos, tenemos la gran mayoría de pinturas murales pompeyanas. Aunque, también en Pompeya, como excepción, se ha encontrado pintura con sólo dos estratos: uno de mortero de preparación y otro que recibe directamente el pigmento; e igualmente, se han usado cuatro estratos tanto en la *Casa del Teatro* de Mérida (Badajoz) como en Itálica (Sevilla)⁵⁵.

Nuestro estudio se centra en los fragmentos encontrados del muro norte de la estancia del *Mosaico de los Amores*. Ya conocemos la composición de la argamasa de mortero gracias a un informe reciente, realizado por el Instituto de Restauración de Patrimonio de la U.P.V. para el proyecto *FORVM MMX*, sobre unos análisis químicos⁵⁶ llevados a cabo en diferentes muestras de las pinturas murales de Cástulo. El mortero se compone básicamente de arena cuarcífera y feldespática cementada por calcita microcristalina con impurezas

⁵⁴ OLMOS, P., Op. cit., pp. 31 - 32

⁵⁵ *Ibid.*

⁵⁶ Según: DOMÉNECH CARBÓ, M^a. T. Op. cit. a las muestras murales de Cástulo, se les han realizado análisis de Microscopía de barrido con espectrometría de rayos X por dispersión de energías (*SEM-EDX*), espectroscopía de I.R. por transformada de Fourier (*FTIR*) y Microscopía óptica.

arcillosas y plomo asociado a arcillas y óxido de hierro. De manera que, nos hemos detenido en estudiar aspectos como la estratigrafía y la dosificación del mortero de los estucos.

Se reconocen tres estratos claramente definidos, afines a los modelos pompeyanos de los que hablábamos con anterioridad (ver Anexo 1: estudio estratigráfico de los estucos de Cástulo):

- El primer estrato (ver fig. 5) lo reconocemos gracias a la impronta (con forma de acanaladuras) de algún material que pudo servir de sistema de sujeción al muro (como el cañizo). Según Yolanda Jimenez Morillas⁵⁷, los muros que se encuentran en el edificio romano podrían estar contruidos mediante la técnica de tapial. Y, efectivamente, la utilización de cañizo es muy recomendada en las fuentes clásicas como refuerzo de muros de tapial. Otro detalle que nos indica que se trata del primer estrato, es el considerable tamaño de muchos clastos, y de los cristales de feldespatos y de cuarzo que son englobados en este mortero.



Fig. 5. a.) Fotografía del fragmento E-1.; b.) Fotografía detalle. (CALABRIA, 2013).

- El siguiente estrato, parece constar de un árido de similar granulometría, pero se diferencia por el menor grado de impurezas (tipo clastos y cristales minerales) a través del examen organoléptico visual. Además, en algunos fragmentos, se puede observar que una fina capa de lechada de cal se interpone entre el primer estrato y el segundo.
- Y por último, observamos la última capa de enlucido o *intonaco*, que alberga la decoración pictórica del paramento (ver fig. 6).

Otro de los detalles interesantes que se observan, es la clara impronta de broza englobada dentro del mortero (ver fig. 7). La cual, controla y regula la absorción del agua por el aglomerante durante su fraguado. Esta función reguladora de la broza, aporta elasticidad y un mejor fraguado a la argamasa, lo que supone, *a posteriori*, una mayor resistencia mecánica.

⁵⁷ Arqueóloga técnico-superior y miembro del cuerpo directivo del equipo del proyecto de Investigación *FORVM MMX* y Directora del Taller de los Íberos del proyecto *Siglo XXI* en Cástulo.



Fig. 6. Fotografía detalle capa pictórica del fragmento E-5, 1.3x. (CALABRIA, 2013).

Además, el estudio granulométrico realizado (ver Anexo 2: estudios granulométricos de los estucos de Cástulo) nos ha desvelado más datos sobre la técnica de ejecución de los estucos de Cástulo. La distribución puntual de cada elemento en los diferentes tamices, nos proporciona información a cerca de la granulometría de las partículas que conforman el mortero, y su dosificación. Dicho estudio ha concluido con la obtención de un bajo porcentaje de áridos y clastos de tamaño mayor a 2,5 mm; una gran cantidad de arena y grava que permanecen retenidas en mayor cantidad dentro del tamiz con luz 0,25 mm; dando paso al resto de partículas de menor tamaño que corresponderían al ligante; el cual encontramos en dosis mucho menores. En relación a estos resultados, podemos conocer la dosificación de árido-conglomerante que se empleó en la ejecución de las pinturas murales de la sala del Mosaico de los Amores de Cástulo, la cual contiene la dosificación común en la elaboración de revestimientos parietales [3:1].

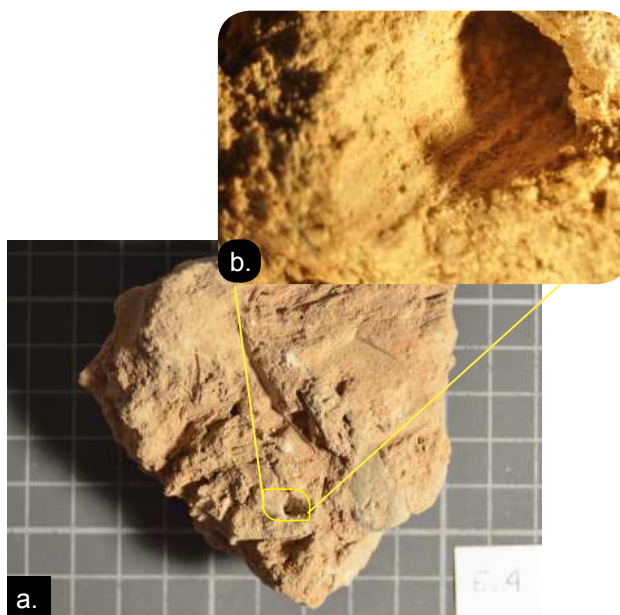


Fig. 7. a.) Fotografía del fragmento E-4.; b.) Fotografía al microscopio óptico 1.15x; (CALABRIA, 2013).

- Estrato pictórico

Una vez realizados los estratos preparatorios, se aplican los pigmentos con la última capa aún fresca, en la cual, la cal al fraguar, crea una red cristalina que engloba las partículas de pigmento. Esto es lo que se denomina técnica al *Buon Fresco*. Esta técnica, según Abad⁵⁸, es la más empleada en el conjunto de piezas romanas estudiadas, aunque también habla de lo que se denomina *Fresco Secco*. El *Fresco Secco* se ejecutaba una vez seco el enlucido, aplicando los pigmentos disueltos en hidróxido de calcio. También se ha podido documentar arqueométricamente en algunas pinturas, la utilización de técnica al temple para retoques.

Los estucos de la sala del *Mosaico de los Amores*, están ejecutados al *Fresco* con añadidos posteriores de lo que podría ser *Fresco secco* (ver fig. 8). Si analizamos la superficie pictórica de estos estucos con mayor detenimiento, podemos incluso percibir cómo podría haber sido trazado el encaje previo de la decoración⁵⁹.

Según las fuentes consultadas⁶⁰, en *Hispania* el dibujo preparatorio se realizaba comúnmente con líneas incisas a punta seca. Como ejemplos encontramos la *Casa del Mitreo* de Mérida (Badajoz), en la *Casa de la Exedra* de Itálica (Sevilla), en la ciudad íbero-romana de *Bilbilis* (Zaragoza) y en Astorga (León).

En las pinturas castulonenses parece haberse empleado tanto la incisión como la *sinopia*⁶¹. Podemos observar incisiones en los dibujos preparatorios



Fig. 8. Fotografía al microscopio del detalle de capa pictórica blanca realizada con la técnica del *Fresco Secco*. Fragmento E-6, 1.3x. (CALABRIA, 2013).

⁵⁸ ABAD CASAL, L. Op. cit., pp. 152 - 153

⁵⁹ Entendemos por encaje previo, las a marcas del dibujo preliminar que hacen las veces de guía para la fase sucesiva (la ejecución de la obra). Ejemplos significativos de este encaje son la línea de incisión o sinopia.

⁶⁰ ABAD CASAL, L., Op. cit., pp. 276 - 277

⁶¹ Entendemos por la técnica de *sinopia*, el encaje hecho directamente sobre el muro. Normalmente se trata de una pálida línea de pigmentos tierra (como el ocre amarillo o rojizo) trazada directamente sobre la superficie mural. Según nos cuenta PERUSINI, G. en: "*Il Restauro dei Dipinti e delle Sculture Lignee: storia, teorie e tecniche*", p. 173, en los frescos encontrados en Pompeya se ha podido constatar el uso común del encaje previo (*sinopia*) sobre el estrato del *arriccio*. Encontrándose a veces trazos realizados mediante pincel recubiertos con una fina capa de *intonacchino*, que corresponde a las jornadas de trabajo. ADAM, J. P. en: "*La construcción Romana. Materiales y técnicas*", p. 240, habla del *encaje a cordel* como un sistema muy extendido en el mundo romano. Se refiere a éste como una variante de la *sinopia* comúnmente conocida, y

de algunas cruces gamadas correspondientes al zócalo. En el resto de decoración parietal no se aprecian marcas incisas. En este caso, es posible que los artesanos muralistas se hubieran ayudado de la *sinopia*, con dibujos preparatorios a mano alzada o mediante *encaje a cordel*⁶².

Las pinturas murales romanas han sido siempre consideradas de una extraordinaria calidad gracias a su acabado y la viveza de sus colores. Según las apreciaciones de Jean Pierre Adam⁶³, la sensación de pulido de la superficie ha dado lugar a numerosas suposiciones, como por ejemplo, el uso de la encáustica, ceras, aceites u otros materiales. Aunque, según nos cuenta este autor, no se ha llegado a demostrar su utilización e incluso afirma que la incompatibilidad de estos materiales con el medio alcalino, hace bastante inverosímil dicha hipótesis⁶⁴.

Estudio estilístico de los estucos de la sala del *Mosaico de los Amores*.

- Breve descripción del conjunto

Hasta el momento, el conjunto mural lo conforman aproximadamente una treintena de fragmentos. Las medidas aproximadas de la pared norte son de 615 cm de ancho y una altura de 380 cm (sin contar con el friso), la cual se conoce gracias a que se recuperaron todos los fragmentos de la cenefa central con la decoración de candelabros (ver Anexo 4: gráfico reconstructivo).

lo describe como un dibujo directo mediante pincel a través del empleo de cordeles que los romanos utilizaban a modo de guías.

⁶² La similitud existente entre el *encaje a cordel* que describe ADAM, J. P., Op. cit. p. 242, y la *battitura dei fili* tan empleada en el *medievo*, según nos cuenta PERUSINI, G. en : “*Il Restauro dei Dipinti e delle Sculture Lignee: storia, teorie e tecniche*”, p. 173, refuerza a la hipótesis de que la técnica empleada por los muralistas medievales tuviera su origen en la técnica romana.

⁶³ ADAM, J. P. Op. cit., p. 240

⁶⁴ Somos conscientes de que esta cuestión daría lugar a un extenso estudio dado el continuo debate existente a lo largo de la historia por diferentes estudiosos del tema. De hecho, podría ser objeto de investigación en otro Trabajo Final de Máster. Así que no entraremos en más detalles, y simplemente nos limitaremos a apuntar que, en la actualidad, se hace referencia a “*estucos a la cal*” para referirse a esta técnica, entendida como una técnica decorativa (y no pictórica). Dicha técnica nace como imitación de mármoles y, como vemos, se empleó mucho en la antigüedad romana. Las capas preparatorias internas solían tener la proporción normal de árido y cal [3-4:1]. Conforme iban acercándose a las capas situadas hacia el exterior, el mortero contenía un mayor porcentaje de cal. Llegando, incluso a tener la misma cantidad de cal que de arena. Estos últimos estratos se componían de morteros muy grasos, y constaban de un fino grosor. El intonaco se pintaba con color, posteriormente se ponía en contacto con planchas de metales calientes y se pulía la superficie mediante jabón de coco, agua y pigmentos (para facilitar este pulido, al mortero, se añadía caolín). Datos extraídos de los apuntes inéditos: SORIANO SANCHO, M^a P., “*Revisión crítica de las metodologías tradicionales en los arranques de pinturas murales*”, p. 13.

- Esquema tripartito

El estilo compositivo de estas pinturas murales tiene como patrón el famoso esquema de distribución espacial tripartito en partes horizontales (ver fig. 9): zócalo, parte media y friso o parte superior. Esta tripartición era habitual en las jornadas de trabajo, de manera que, el resultado era mucho más homogéneo y controlado al garantizar empalmes invisibles:

1. La zona inferior consta de un zócalo corrido con motivos en cruz gamada que crea una ilusión de profundidad. Se encuentran decoraciones de este tipo ya en hogares helenísticos.
2. La parte media se compone de dos grandes superficies monóchromas, divididas interiormente por una cenefa rectangular adornada con una cadena de candelabros; los cuales evocan motivos vegetales con terminaciones de lo que podrían ser siluetas de cisnes. Éstas quedan delimitadas (por sus confines laterales y superiores) con finas franjas verdes acompañadas de otras líneas blancas de trazo mucho más fino. La alternancia de paneles y franjas, utilizadas como elementos separadores del espacio, es la manera tradicional de decoración mural romana.
3. El último elemento del esquema es el friso o parte superior. Aquí se albergaba la cornisa de yeso con molduras de motivos vegetales (ver fig. 10). Los fragmentos de cornisa recuperados en esta sala, no parece conservar ninguna decoración pictórica. Estas molduras, casi nunca se encuentran in situ ya que son las primeras zonas en caer ante el derrumbe y por ello se consideran más frágiles⁶⁵. Otros autores, como Jean- Pierre Adam⁶⁶, hablan de estucos (del italiano *stucco*) para referirse a estas molduras en relieve. Como bien sabemos, al ser un término empleado para distinguir una decoración, se utiliza también para designar a los enlucidos finos. La realización de estas molduras finales se hacía mediante plantillas o moldes que se presionaban sobre el mortero fresco.

Todos estos detalles nos hacen reflexionar sobre su clasificación dentro de los famosos *Estilos Pomeyanos*⁶⁷. Los debates que hemos llevado a cabo con distintos arqueólogos del proyecto, han sido intensos. No llegando a ninguna determinación clara, por falta de datos concluyentes. Por el momento, se define como una pintura de *Estilo de Provincias*, es decir, una mezcla del *Estilo III* (ornamental) y *IV* (teatral). Y más concretamente, los investigadores se decantan por el *Estilo III* (siendo éste el prominente en su decoración), pero que evoluciona en el *Estilo IV*.

⁶⁵ ABAD CASAL, L., Op. cit., pp. 286, 287

⁶⁶ ADAM, J. P., Op. cit., pp. 243-246

⁶⁷ Podríamos abordar un estudio mucho más profundo sobre este tema, justificando el por qué se consideran los estucos de la estancia del *Mosaico de los Amores* de uno u otro estilo, abriendo así un amplísimo debate. Son muchas, y muy interesantes, las apreciaciones que los arqueólogos del proyecto *FORVM MMX* han realizado en torno a este argumento, pero no queremos desviarnos mucho de la línea principal del presente Trabajo Final de Máster. De manera que, invitamos al lector a ampliar información con un artículo que se publicará próximamente en la Revista de Estudios Linarenses, donde Yolanda Jiménez (arqueóloga del proyecto *FORVM MMX*) profundizará en este tipo de cuestiones.

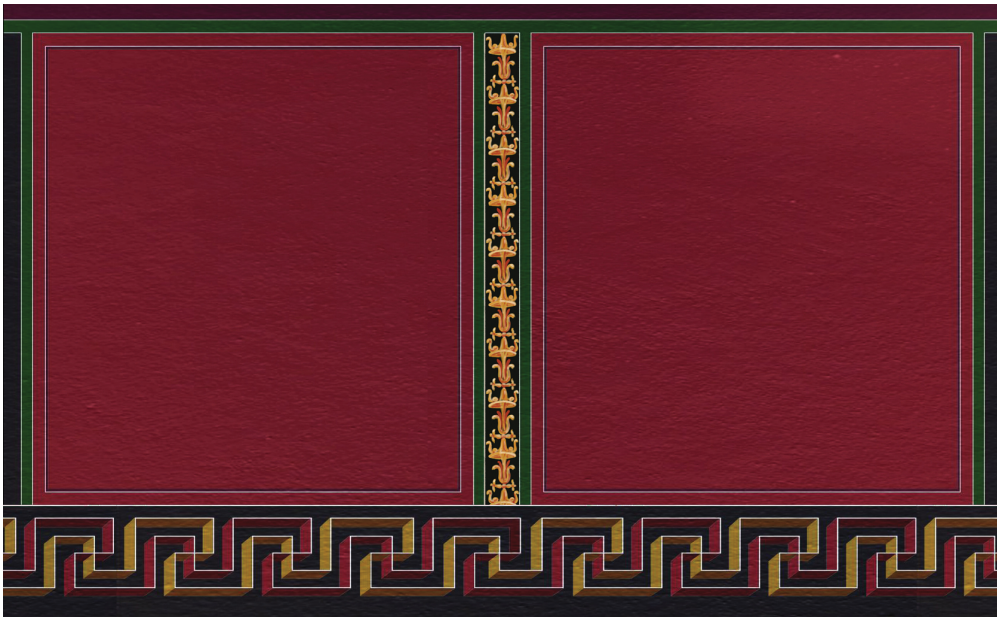
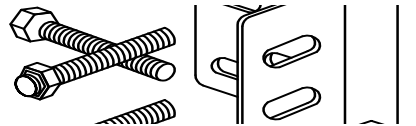


Fig. 9. Infografía de los estucos de la sala del *Mosaico de los Amores*. (Imagen cedida por el proyecto *FORVM MMX*, 2012).



Fig. 10. Fragmentos de cornisa recuperados con elementos decorativos redibujados linealmente para facilitar su lectura y comprensión (CALABRIA, I., 2013).

5. 4. Propuesta de solución expositiva de los estucos de la estancia del *Mosaico de los Amores*.



5.3. Propuesta de solución expositiva de los estucos de la estancia del *Mosaico de los Amores*

Estado de la cuestión

En casos como el de los estucos del yacimiento arqueológico de Cástulo en los que se recupera una gran cantidad de fragmentos desprovistos de los muros, los arqueólogos y conservadores se enfrenta a un problema añadido: qué hacer con estas piezas murales. En el mejor de los casos, dichos fragmentos acaban descontextualizados en las instalaciones de algún Museo estatal o provincial. Las pinturas del Museo Nacional de Arte de Cataluña (Barcelona)⁶⁸ o las del Museo Diocesano de Jaca (Huesca) son un claro ejemplo de estos casos, en los que irremediablemente la pintura se ve abocada a abandonar su ubicación original; efectuándose así brillantes (y no tan brillantes) soluciones que recrean, en la medida de lo posible, el emplazamiento del que provienen⁶⁹. Pero, según el ICOMOS⁷⁰, es obligación de los profesionales que trabajan con patrimonio de estas características tratar siempre de ubicar las pinturas murales en el lugar de origen. Nuestro objetivo pues, es plantear soluciones para este tipo de situación, lo que nos llevará a diseñar una propuesta para su re inserción in situ que cree ese efecto de interacción entre la pintura mural y su arquitectura.

Para ello elaboraremos una propuesta que contemple una solución expositiva en estas pinturas murales. Dicha solución comporta una complejidad un tanto mayor a la simple búsqueda de materiales. Hay que tener en cuenta que en sitios arqueológicos, como son los restos de Cástulo, donde se conserva poco más que la cimentación del edificio o un bajo porcentaje del total del muro, se torna necesario idear una estructura añadida al muro original que funcione como una unidad constructiva y que devuelva la lectura al espacio. Pero, sobre todo, que funcione como soporte para las cargas transmitidas por los fragmentos de estuco recolocados en su lugar de origen en posición vertical antes de su derrumbe.

Atendiendo a esto, nuestra estructura se compondrá de tres partes diferenciadas: la base auxiliar de anclaje, el sistema de anclaje y la estructura portante de las pinturas murales⁷¹.

⁶⁸ DEL VALLE BARTOLOMÉ, P.; ROIG PICAZO, M. P., SORIANO SANCHO, M^a P. “*Los murales de la antigua Casa de Ferraz de Valencia. Propuesta para su futura exhibición*”. En: *17th International Meeting on Heritage Conservation*. p. 668 - 669

⁶⁹ Aunque no siempre se cuenta con recursos humanos, económicos y, sobre todo, con espacio donde se pueda llegar a materializar este tipo de actuaciones.

⁷⁰ ICOMOS, Comité Español del Consejo Internacional de Monumentos y Sitios. “*Principios para la Preservación, conservación y Restauración de las Pinturas Murales*”. [en línea] [ref. de 19 junio 2013]. Disponible en Web: <http://www.esicomos.org/nueva_carpeta/cartaPINTURASMURALES_esp.htm>.

⁷¹ La estructura portante o nuevo soporte de los fragmentos de estuco es prescindible en el sistema de los anclajes mediante imantación.

Es pertinente explicar que, según palabras del director del proyecto: Marcelo Castro⁷², se ha explorado solamente un 4% de la superficie total del recinto amurallado. Por esta razón, nos detendremos en la valoración y propuesta de diferentes sistemas de anclaje y/o nuevo soporte que pudieran adaptarse a diferentes sistemas de base auxiliar en la futura musealización del recinto.

Revisión de los sistemas de anclaje

Nuestro estudio se centra sobretodo en la propuesta de un sistema de anclaje aunque resulta interesante dar una breve pincelada a los tipos de estructura base auxiliar que podríamos llevar a cabo, dada la estrecha relación que guarda con los sistemas de anclaje.

Base de anclaje

- **Estructura exenta del muro original:** dicha estructura tiene sentido en edificaciones en las que se conserva un bajo porcentaje de muro original o solamente se hallan restos de su cimentación. Entonces, atendiendo al criterio de mínima intervención y de respeto al original, no se contempla la opción de levantar otro muro sobre las estructuras originales. Se trata, sin embargo, de proveer a los restos originales de una estructura auxiliar complementaria cuya base podemos situar paralelamente a la antigua cimentación del muro o, incluso asociar a las estructuras de la propia cubierta y que funcione a modo de bastidor de los fragmentos de pintura original. Sobre esta estructura base se distribuyen los puntos de anclaje, que serán los encargados de soportar o transmitir las cargas de los estucos. En cuanto a este tipo de estructuras, existen infinitas posibilidades que si se estudian en profundidad y se diseñan correctamente suponen una buena solución que resulta menos invasiva, favoreciendo así, en un momento dado, su reversibilidad total. Pero debemos ser conscientes que para materializar este sistema es necesario contar con un equipo que trabaje interdisciplinariamente⁷³.
- **Estructura levantada sobre el muro original:** Lo tradicional en las intervenciones sobre estructuras arqueológicas es el aparejamiento de reconstrucciones parciales o totales .

Según el catálogo de fijaciones profesionales Fischer⁷⁴, las principales ba-

⁷² CASTRO LÓPEZ, M. "El proyecto FORVM MMX. Cástulo, Linares: Conjunto arqueológico de Cástulo, Consejería de Cultura y Deporte, Junta de Andalucía. Instituto Universitario de Investigación en Arqueología Ibérica, Universidad de Jaén", [informe sin editar] [s.p.].

⁷³ La estructura auxiliar dependerá de un gran número de factores considerados y calculados por un ingeniero; pues, a mayor peso a sujetar mayor será también la complejidad de la estructura, siendo más amplio el abanico de parámetros a estimar para que no haya lugar a fallos que provoquen el desplome de la pintura.

⁷⁴ EI CATÁLOGO FISCHER: Fijaciones Profesionales. 2007/2009. [en línea] [ref. de 03 julio

ses auxiliares de las que podemos disponer en el mercado son:

- **Obra de fábrica:** una solución sería la mampostería de piedra con juntas realizadas mediante mortero (reconstrucción por anastilosis). Esta estructura presenta una resistencia mecánica media, en gran parte, porque los elementos de anclaje que coloquemos sobre ella van a tener comportamientos distintos; es decir, dependiendo de la zona donde recaiga el anclaje, si lo hace sobre una junta o, si por el contrario, lo hace sobre la piedra. En este caso, es importante tener la precaución de no colocar directamente los anclajes metálicos, sujetos a su vez con tornillo sin tacos de nylon o químicos⁷⁵.
- **Tabiquería seca:** dentro de este grupo englobamos un amplio conjunto de materiales. Desde el cartón con refuerzo de yeso (Pladur®), el yeso solo, tableros aglomerados, etc.⁷⁶. Elementos de este tipo podrían utilizarse más en instalaciones aisladas del exterior y en conjuntos de pequeño tamaño y poco peso.
- **Hormigón:** aún siendo el material que mejores propiedades mecánicas aporta, se desaconseja totalmente su empleo en Restauración por su carácter altamente irreversible.
- **Otros:** en cuestiones de Restauración o Rehabilitación arquitectónica⁷⁷

2013]. Disponible en Web: <<http://www.fischer.es/tabid-333.aspx>>

⁷⁵ Se desestiman los tacos químicos dada su gran irreversibilidad.

⁷⁶ Estas bases no tienen una gran capacidad portante. Materiales de estas características sería más conveniente utilizarlos directamente como elemento de nuevo soporte de las pinturas murales. Aunque el yeso no se recomienda por aporte de sales que dañen las pinturas.

⁷⁷ Son muchos los restos arqueológicos que caen en el olvido y son abandonados una vez extraída la información pertinente. Pero también existen muchos otros que mantienen su salvaguarda gracias a su resguardo bajo o dentro de estructuras arquitectónicas auxiliares. BENÍTEZ DE LUGO, E. y sus colegas, en el artículo publicado en la revista *Herakleion*, "Villae en el municipium de Mentesa Oretana. Termas romanas y necrópolis tardo-romana en la Ontavia" (*Terrinches, Ciudad Real*). *Resultados de la investigación y proyecto de musealización*, pp. 108 – 117 cuenta que, ya en 1941, el arquitecto italiano Piero Gazzola realizó la reconstrucción de unas cubiertas en la *Villa romana del Casale* en *Piazza Armerina* (Sicilia, Italia) recreando directamente sobre las estructuras originales y utilizando materiales similares a los empleados en la fábrica romana. Dicha solución no tuvo una buena aceptación por una sociedad acostumbrada a observar su patrimonio de una manera mucho más romántica. De modo que, se optó por destruir la intervención del italiano. Aún así, el espíritu emprendedor de Gazzola ha sido el germen de posteriores reconstrucciones volumétricas in situ. De hecho, en los años 60 del pasado siglo, en la propia *Villa del Casale* volvió a ejecutarse un proyecto de similares características, esta vez de la mano de Franco Missini. Aunque con materiales totalmente diferentes de los de la manufactura romana para hacer discernible la intervención. La idea de devolver legibilidad para una mejor reinterpretación del emplazamiento, recobra sentido a finales del siglo XX y principios del XXI. España se ha sumado también a esta corriente internacional. Podemos ver la reconstrucción volumétrica en madera de las termas romanas del yacimiento de La Illeta dels Banyets (Campello, Alicante). Sobre estas intervenciones hay infinidad de opiniones y criterios, según el profesional responsable. La decisión más acertada, desde el punto de vista ético, no es fácil pero tendrá siempre que ver con una solución que tenga en cuenta al grupo social al que pertenece, así como la que procura el máximo respeto posible a la obra original.

siempre se ha recurrido a soluciones de lo más variopintas, no existiendo una unificación de criterios a la hora de actuar. Se han utilizado métodos de reconstrucción arquitectónica con el aparejamiento de estructuras directamente sobre la obra original con materiales como acero, madera, ladrillo, incluso, como veníamos diciendo en líneas anteriores, materiales similares a los empleados por los romanos.

Elemento de fijación

Existe una amplia gama de estos materiales, en su mayoría, destinados a aplicaciones industriales. En restauración encontramos también muchos tipos de anclajes, aunque la mayor parte, funcionan a modo gancho en forma de “L”, como las pletinas metálicas, ángulos metálicos, guías metálicas, etc. y también se han empleado cadenas fijadas a techos de las cuales queda suspendido el nuevo soporte y la pintura mural. Estos sistemas los encontraremos normalmente atornillados a un muro o un soporte base. Otro sistema muy utilizado, es el empleo directo de tornillos de expansión sobre las pinturas murales. En cualquier caso, es conveniente conocer las recomendaciones e indicaciones de cada fabricante antes de elegir el elemento de anclaje e, incluso, consultar a algún especialista del mundo de la construcción.

El empleo de morteros tradicionales o sintéticos como sistema de unión entre el nuevo soporte de la pintura mural (o directamente la pintura mural) y el soporte base, es otra de las soluciones que se han empleado a menudo, sobre todo, en intervenciones in situ; ya que el mortero aporta una gran resistencia mecánica a todo el conjunto de manera generalizada. Este sistema no es, ni mucho menos, desestimable pero, nos decantaremos por otro tipo de soluciones que puedan ayudar a que las pinturas puedan ser fácilmente desmontadas y transportadas en el caso en que se valore cambiarlas de emplazamiento.

En este trabajo, vamos a valorar dos tipos de elementos de fijación. Los dos considerados como sistemas móviles (o que proporcionan un fácil montaje-desmontaje): los imanes y los sistemas de muro-cortina: con anclajes tipo clicks para aplacados.

Existen además otros sistemas más vanguardistas de reconstrucción volumétrica, como los que aporta la tecnología 3d y, por supuesto, las tradicionales maquetas arquitectónicas; ambas soluciones muy recomendables si se prefiere no intervenir in situ, o si se quiere emplear como apoyo complementario a la didáctica del lugar. En Cástulo, ya se ha recurrido a este tipo de cuestiones de reconstrucción virtual. Invitamos al lector a que realice un alto sobre estas líneas y contemple un montaje en alta resolución, creado recientemente por el equipo de profesionales del proyecto *FORVM MMX*, donde se recrea la ciudad romana de Cástulo en su momento de mayor esplendor. El enlace al que le remitimos es el siguiente: Youtube [en línea] [ref. de 13 julio 2013]. Disponible en Web: < http://www.youtube.com/watch?v=r_vcei-0vD8c >.

Los imanes

Se conoce desde hace tiempo su empleo en la restauración de escultura, en la sujeción de azulejos, en exposiciones de vitrinas de museos, en el montaje arqueológico de réplicas de piezas arqueológicas, aunque pocas son las publicaciones al respecto. En muchos casos no es un método desarrollado en profundidad. En el campo de la pintura mural, no encontramos ninguna referencia de su aplicación hasta el pasado año 2012. Paola Zincone⁷⁸ desarrolló una solución de sistemas de anclaje mediante la aplicación de imanes de neodimio para la exposición temporal⁷⁹ del conjunto mural-marmoleado procedente de la villa romana de Els Alters de L'Énova (Valencia).

Descripción del sistema: estudios de fuerza de sujeción

Antes de hablar de la aplicación de esta novedosa técnica en el campo de la Restauración, haremos un repaso sobre los estudios⁸⁰ llevados a cabo con algunos imanes para comprobar su fuerza de sujeción aproximada. Dichos estudios suponen una garantía de su fuerza y que es capaz de soportar grandes cargas sin problemas.

El método de ensayo tiene que ver con la medición de la fuerza normal necesaria para retirar un imán que permanece unido a otra superficie, normalmente suele ser acero o hierro. Se aplica una carga creciente en una dirección normal a la superficie de la carga de trabajo. Dicha carga termina por separar el imán de la placa de ensayo y, el momento en el que se separan los dos cuerpos, se define como la fuerza de arranque que equivale a la fuerza máxima de sujeción que puede soportar el imán. La fuerza de sujeción va a depender del tipo de imán y sus características:

- forma.
- masa de carga de trabajo, composición, rugosidad y planitud.
- espacio de aire entre el imán y la carga de trabajo.
- temperatura del imán.

Las medidas de los valores se pueden registrar en libras, Kilogramos o Newtons⁸¹. El resultado de dicho test, se traducen en un gráfico donde

⁷⁸ ZINCONI, P. "Un ensayo de mínima intervención en la aplicación de nuevo soporte en pintura mural", [Trabajo Final de Máster inédito].

⁷⁹ Dicha exposición está prevista para octubre de 2013 en el Museo de Prehistoria de Valencia.

⁸⁰ MAGNET DISTRIBUTORS AND FABRICATORS ASSOCIATION. "Test Method for determining breakaway force of magnet". [en línea] [ref. de 19 enero 2013]. Disponible en Web: <<http://www.intl-magnetics.org/pdfs/testmethod.html> 11.02.2013>.

⁸¹ Según el servicio técnico de la empresa especializada en imanes, *Supermagnete*, disponible

la diferencia resultante de la fuerza de la curva proporciona las características magnéticas del imán testado.

Existen fabricantes que ya venden estos materiales previamente testados y que, incluso, ofrecen una aplicación en su página web donde calcular la fuerza de sujeción dependiendo de los cuerpos en contacto (imán-imán; imán-placa de hierro o acero)⁸².

Tipos de imanes

Para tener una visión global de los imanes que se comercializan actualmente, hemos consultado catálogos y páginas webs de empresas especializadas en este sector, como *I.M.A.*, (*Ingeniería Magnética Aplicada, S.L.*) en Barcelona; *Supermagnete* con sede en Alemania; *INMAG* (*Shanghai Jinnagnets Industrial, CO. Ltd.*) en China y la empresa *P.P.H.U. "ENES"* (Pawel Zientek) localizada en Polonia.

Los imanes más comunes que podemos encontrar en el mercado son los siguientes:

- **Samario de Cobalto**, SmCo_5
(aleación de samario y cobalto).
 - **Neodimio**, NdFeB
(aleación de neodimio, hierro y boro).
 - **Álnicos**, AlNiCo (aleación de aluminio, níquel, cobalto).
 - **Ferrita de Bario**, $\text{BaFe}_{11}\text{O}_{19}$, o **Ferrita de Estroncio**, $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$.
- } tierras raras

Las piezas magnéticas de tierras raras se caracterizan por ser imanes permanentemente fuertes. Concretamente, los de neodimio son considerados los imanes más fuertes del mundo.

Los imanes álnicos, antes del desarrollo de los imanes de tierras raras en la década de los 70, eran el tipo más fuerte de imán. Son muy resistentes a la corrosión pero, según técnicos de la empresa *I.M.A.*, si sufren problemas mecánicos como golpes repetidos pueden conllevar su desimantación.

Los imanes de ferrita son los más conocidos y más fabricados. Existen dos tipos: ferrita de bario o de estroncio. Tienen un poder de imantación mucho menor que los imanes compuestos de tierras raras o los álnicos, pero son muy resistentes mecánicamente y también a la corrosión.

en Web: <<http://www.supermagnete.de/spa/faq/De-cuanta-fuerza-dispone-este-iman>>, 1Kg corresponde a 9,81 Newton.

⁸² CATÁLOGO SUPERMAGNETE. [en línea] [ref. de 19 enero 2013]. Disponible en Web: <<http://www.supermagnete.de/spa/downloads>>.

Por lo tanto, hemos escogido entre todos ellos: los imanes de ferrita de estroncio y los de neodimio, para estudiarlos más en profundidad dadas sus características de alta resistencia mecánica y a la corrosión del primero y gran poder de imantación en el segundo. En la siguiente tabla (ver tabla comparativa 1) podemos observar las características principales de ambos imanes. Así podemos conocer sus ventajas y desventajas realizando una comparativa entre los dos:

DIFERENCIAS IMPORTANTES EN LAS CARACTERÍSTICAS DE ESTOS TIPOS DE IMANES		
	IMÁN DE FERRITA DE ESTRONCIO	IMÁN DE NEODIMIO
Presupuesto	Económico (cuesta entre 2 o 3 veces menos que los imanes de neodimio)	Menos económico
Resistencia	Al calor (hasta 250°C) y la corrosión	Al calor (a partir de 80°C)
Revestimiento	No tiene	Níquel-cobre-níquel
Color	Gris oscuro	Metalizado
Manchan	Sí. Dejan ligeras manchas si lo sometemos a fricción	No (si no se corroen)
Sustancias nocivas	Inocuo	Se altera en ambientes alcalinos y, sobre todo, ácidos (véase Anexo 3)
Densidad	5,2 g/cm ³	7,4 – 7,6 g/cm ³
Dureza HV	480 – 580 HV	570 HV
Temperatura de servicio máxima	Hasta 250 °C	Estándar: 80° C (posible hasta 220° C)
Uso en exteriores y corrosión	No corroe en exteriores	Sí corroe en exteriores
Fragilidad	Pueden fragmentarse si se ven sometidos a cargas fuertes (golpes) repetidamente	Extremadamente frágiles y se fragmentan fácilmente
Pérdida de magnetización o fuerza de sujeción	No pierden magnetización con el paso del tiempo, solo en el caso de influencias externas (calentamiento o campos magnéticos externos muy intensos)	No pierden magnetización con el paso del tiempo, solo en el caso de influencias externas (calentamiento o campos magnéticos externos muy intensos)

Fuerza de sujeción (F.S.): comparativa entre los tipos de imanes	Alta	Muy alta (entre 8 y 10 veces mayor que el imán de ferrita del mismo tamaño)
	Mismo volumen, fuerza de sujeción diferente:	
	Volumen: 3,14 cm ³	Volumen: 3,14 cm ³
	F.S.: 1,4 kg	F.S.: 11 kg
	Peso: 15 g	Peso: 24 g
	Volumen diferente, fuerza de sujeción similar:	
	Volumen: 56,5 cm ³	Volumen: 1,8 cm ³
	F.S.: 9,5 kg	F.S.: 8,3 kg
	Peso: 270 g	Peso: 14 g

Tabla comparativa 1. Propiedades: ventajas y desventajas de los imanes de neodimio y ferrita.

Recomendaciones para minimizar el riesgo de fallo por desimantación

Para poder realizar esta pequeña lista de recomendaciones nos hemos decantado por las indicaciones de los técnicos de la empresa *Supermagnete* por ser la empresa que facilita mayor y mejor información técnica al cliente:

- El valor teórico de la fuerza de sujeción es válido cuando la fuerza es ejercida de manera perpendicular. En nuestro caso, las cargas (fuerzas) son aplicadas al imán de manera vertical. Según los técnicos de *Supermagnete*, en este caso, la fuerza máxima con la que un imán sujeta estas cargas varía minimizándose considerablemente. Aún así, es importante siempre considerar el peso de la carga a soportar y tener la precaución de proveer imanes con fuerza de sujeción 4 ó 5 Kg. mayor al del peso a soportar.
- Atendiendo al punto anterior, si las superficies de los elementos unidos magnéticamente son demasiado lisas, la fuerza de la gravedad tiende a arrastrar todo el conjunto hacia el suelo, lo que supone un verdadero peligro para las pinturas murales. Para esto, se recomienda que estas superficies de contacto estén provistas de irregularidades o de un punto de apoyo para que engranen, y no dé lugar su deslizamiento.
- Dado que, en nuestro caso, los fragmentos que soportan los imanes (fragmentos de estuco) tienen medidas y pesos irregulares, es conveniente indicar una regla sobre el cálculo de la relación entre área y peso para la correcta distribución de los puntos de anclaje que

nos asegure su correcta fijación⁸³. Dicha operación de cálculo, la podemos obtener mediante un software que nos permita trabajar con mapas de los fragmentos a escala real, como AutoCAD. Antes de comenzar a trabajar directamente sobre los mapas de los estucos, se realiza el cálculo del peso por tamaño de un pequeño fragmento⁸⁴ que nos servirá de referencia en posteriores operaciones. Cuando ya tenemos esta información, podemos realizar el siguiente ejercicio de cálculo (ver fig. 11):

1. De un fragmento cualquiera se decide cuáles son las zonas más apropiadas para colocar los puntos de anclaje, teniendo en cuenta el área que ocupaba el fragmento de referencia.
2. Para averiguar la correcta distribución de los ejes de anclaje, primero debemos unir mediante líneas los distintos anclajes que se han distribuido en los diferentes fragmentos con anterioridad.
3. Formaremos triángulos de los cuales debemos hallar el baricentro. Seguidamente se unen todos los baricentros para formar por segunda vez una retícula de triángulos.
4. El resultado que obtenemos de la unión de estos baricentros son nuevas superficies o áreas delimitadas por los puntos medios de esta nueva retícula que se forma. Superficies que se corresponden con las tensiones que se transmitirán a cada uno de los anclajes.

AutoCAD permite medir la superficie de cada área e, incluso, permite obtener sus centros. Gracias a los cálculos realizados al pequeño fragmento que hemos tomado de referencia, podemos conocer el esfuerzo que soporta cada anclaje. Conociendo estos datos, sabremos cuál es la fuerza de sujeción que debemos emplear en cada punto de anclaje. Además, podemos recolocar los puntos de anclaje en el centro de su respectiva áreas. Así la carga se redistribuye de una manera mucho más homogénea, lo que garantiza una sujeción segura de los fragmentos de pintura mural.

⁸³ A cerca de este método existe literatura muy reciente aplicada al campo de la reposición de pintura mural. Más concretamente nos referimos al estudio llevado a cabo por ROZAS TORTAJADA, P., "*Sistemas de anclaje para nuevos soportes de pinturas murales arrancadas*" [Trabajo Final de Máster inédito] p. 28 y 54.

⁸⁴ Trabajaremos con gramos o kilogramos por centímetros o metros según el tamaño y peso de la mayoría de los fragmentos que tenemos.

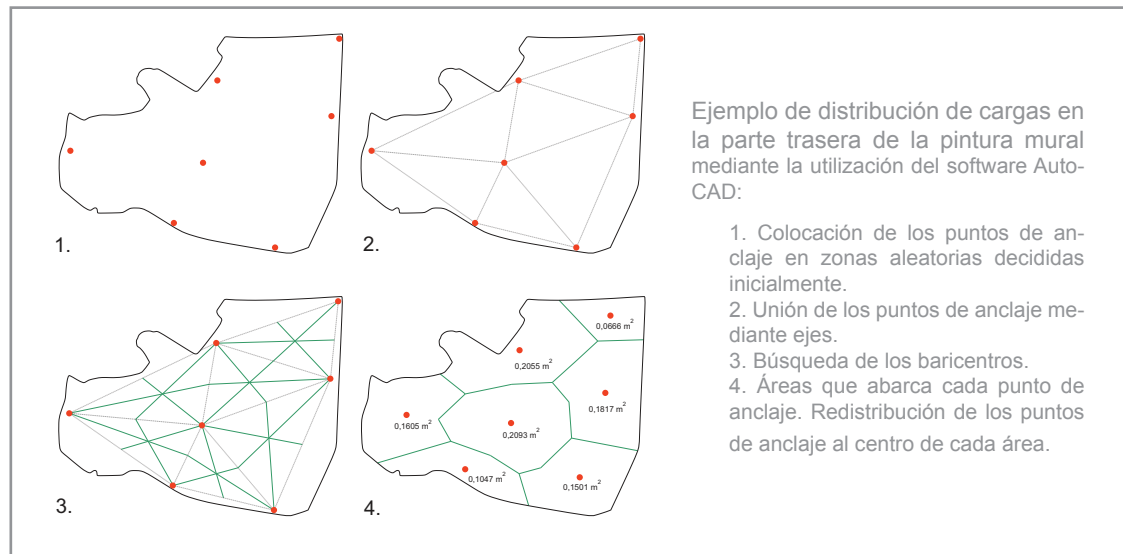


Fig. 11. Imagen extraída de ROZAS TORTAJADA, P. "Sistemas de anclaje para nuevos soportes de pinturas murales arrancadas". p. 58.

- Podríamos realizar una unión entre un imán y un metal (como el acero)⁸⁵, pero también puede hacerse mediante dos imanes. Según las recomendaciones técnicas de *Supermagnete*, cuando se da un contacto pleno entre un imán y un metal, la atracción es igual de intensa a la existente entre dos imanes; pero conforme aumenta la distancia entre ambos cuerpos, la atracción entre el metal y el imán se reduce considerablemente a causa de la baja remanencia magnética del metal. Teniendo en cuenta estas consideraciones podríamos decir que el contacto entre dos imanes garantiza una mejor sujeción. Aunque los técnicos de *Supermagnete* aseguran una máxima efectividad de resistencia de los imanes en contacto con placas de acero galvanizado (siempre que el contacto sea directo).
- Hay también que tomar la medida de no colocar placas de acero de gran superficie, ya que esto dificultaría mucho la retirada de los fragmentos de estucos (en el caso de que fuera necesario). Colocando placas de pequeño tamaño lograremos separar el metal del campo de atracción del imán sin aplicar fuerza de tracción -la cual terminaría por dañar el estuco- sino que sería posible acceder a su montaje y desmontaje sencillamente desplazando lateralmente

⁸⁵ Como ocurre con la intervención descrita por ZINCONE, P. Op. cit. p. 21, en las pinturas murales de *Els Alters de L'Énova*, donde se optó por utilizar imanes de neodimio y placas de acero galvanizado de 0,8 mm, y de una superficie de unos 20x20 cm aproximadamente incrustadas y fijadas, mediante resina epoxídica, a tablas de contrachapado de Okume de 1,8mm de grosor.

cada fragmento⁸⁶.

- Según los técnicos de *Supermagnete*, un imán no tiene por qué debilitarse con el tiempo. Las causas de pérdida de magnetización pueden deberse a altas temperaturas que, incluso en el imán menos resistente a estas condiciones, deberían ser superiores a 80°C. O también, el exponer a los imanes a otros campos magnéticos intensos⁸⁷.
- Los imanes de Neodimio no son aptos para ambientes en los que esté en contacto directo con agentes meteorológicos ya que es muy susceptible a la corrosión. Nosotros hemos realizado algunos ensayos para la valoración de la corrosión de este material, según su interacción en ambiente alcalino o ácido, o en contacto con agentes de erosión (ver Anexo 3: estudio del comportamiento de los imanes en ambiente ácido, básico y agentes de erosión). Efectivamente hemos confirmado que los imanes de neodimio son susceptibles a los ácidos, bases y agentes erosivos. El revestimiento de níquel que cubre este tipo de cuerpos magnéticos, consigue resistir el ataque básico y la proyección de elementos erosivos como la alúmina, aunque se observan leves deformaciones en superficie; mientras que el ácido, aún con un pH aproximado al 7, consigue romper la protección de níquel y atacar directamente al imán, el cual se descompone hasta alcanzar un estado de disgregación similar al terroso. En cambio, el imán de ferrita a penas se ve afectado por ninguno de estos agentes de deterioro.

⁸⁶ ZINCONE, P. Op. cit. p. 22.

⁸⁷ Según la Estación meteorológica del Departamento de Física de la Universidad de Jaén, las temperaturas máximas que llegaron a registrarse en la provincia de Jaén en el pasado año 2012, fueron aproximadamente de unos 43°C, en el mes de agosto. Por lo tanto, a efectos prácticos la temperatura de desmagnetización no sería un problema. Pero la posible desmagnetización a causa de los campos magnéticos intensos, hizo plantearnos situaciones extremas en las que fuese posible. Por ejemplo, si la musealización se hiciese bajo cubiertas (sin aislamiento total del exterior) donde el imán pudiese estar expuesto a tormentas electromagnéticas o campos electromagnéticos similares, ¿podría afectar estas condiciones negativamente a la fuerza magnética de los imanes?. Planteada esta cuestión, decidimos dirigirnos al Departamento de Física Aplicada de la Universidad Politécnica de Valencia. El Doctor Víctor Sánchez Morcillo (actual profesor titular de la Universidad Politécnica de Valencia en el campus de Gandía), atendió nuestra consulta puntualizando que no podía afirmar categóricamente que una tormenta eléctrica pudiera desmagnetar un cuerpo magnético; aunque indicó que algo así es muy complicado, ya que la magnetización de un imán es permanente y muy intensa. Resumidamente, podríamos decir que tendrían que darse lugar, al mismo tiempo, muchas condiciones que raramente se darían en situaciones normales. Aún así son datos que hay que tener en cuenta, y que cuestionan la aplicabilidad de éste método en piezas al exterior.

Conclusiones a cerca del sistema de anclaje por imantación

Teniendo en cuenta estas recomendaciones, habiendo consultado trabajos realizados por otros compañeros y habiendo realizando consultas a expertos que han trabajado con este tipo de materiales, llegamos a la conclusión de que este método de anclaje es ideal para respetar y conservar la pieza casi en su totalidad: respetando todos los estratos de mortero preparatorio. Parece ser una buena solución como método expositivo en muestras temporales, justamente por la facilidad que aporta el sistema a su montaje y desmontaje. Pero debemos cuestionarnos su empleo en soluciones expositivas de carácter permanente, como puede ser el caso de las pinturas murales de Cástulo. Principalmente porque es un sistema que recién comienza a ser aplicado en la disciplina de la pintura mural y que, como hemos visto, presenta algunas vicisitudes en su ejecución práctica.

Los Sistemas de muro-cortina para aplacados

Descripción del sistema: estructura muro-cortina

El muro-cortina consiste en un sistema utilizado en construcción, conocido también como fachada ventilada. Es un sistema que nace como un ligero revestimiento que funciona como protección del edificio contra la lluvia y el viento, manteniendo seca la obra de albañilería. Ha dado forma a la arquitectura del Movimiento Moderno, cambiando de manera radical la imagen de la ciudad que hasta el siglo XIX conocíamos.

El caso más característico es el de una fachada con una retícula autoportante metálica vinculada a los forjados⁸⁸. Éstos normalmente cerrados con paneles de vidrio (o aplacados) a través de anclajes que, a su vez, se acoplan a esta retícula⁸⁹.

El muro-cortina tiene sus comienzos con la corriente de la Arquitectura del Hierro en el siglo XIX. Los materiales y soluciones aplicados en invernaderos comenzaron a proyectar también sobre fachadas y cubiertas de estaciones de ferrocarril, palacios de exposición, mercados y galerías comerciales europeas. Posteriormente, se comenzaron a construir revestimientos ventilados en EE.UU. con el fin de desarrollar un sistema que

⁸⁸ En construcción, se entiende por forjado el elemento constructivo con que se forman cubiertas o se separan los pisos de un edificio. Este elemento trasmite las cargas que soporta y su propio peso a otros elementos que, a su vez, lo sostienen (vigas, muros, pilares, etc.). En la actualidad suele tratarse de estructuras de hormigón armado, lo cual es óptimo para construcción pero no se trata de la mejor solución en restauración a causa de su gran irreversibilidad.

⁸⁹ FERRÉS, X.; ARAUJO, R. "Muro cortina". En: *Revista Tectónica*. pp. 4, 5

permitiera construir edificios de gran altura, ligeros, de bajo coste y rapidez y limpieza en obra. Más adelante sigue empleándose esta técnica en edificios y rascacielos de todo el mundo permitiendo poco a poco su evolución y consintiendo materializar una amplia gama de soluciones, todas afines al sistema inicial de retícula-anclaje-placa.

La industria es igualmente muy amplia. Existen incluso patentes y remarcadas diferencias entre los sistemas “estándar”, de gamas y series completas de conocidas marcas⁹⁰. De las empresas especialistas destacadas en España por ofrecer soluciones cualificadas como el diseño, cálculo, fabricación, montaje y control de muros cortinas, existe una selección llevada a cabo por la revista *Tectónica*⁹¹, especializada en arquitectura y construcción. Algunas de las empresas que aparecen en su lista son: *ACIEROID, S.A.*, *FOLCRÁN, S.A.*; *BIOSCA & BOTEY* en Barcelona; *ESTRUMAHER, S.A.*; *ALCOTAN UNISECO, S.A.*; *ARUP, S.A.*; *INASUS, S.L.*; *INDUSTRIAS IBERIA, S.A.* todas ellas ubicadas en Madrid; *GESTIÓN TÉCNICA Y SERVICIOS, S.L.* en Sevilla; *BELLAPART S.A.U.* situada en Girona; *LANIK INGENIEROS S.A.* con sede en San Sebastián; *RILOVA FACHADAS LIGERAS, S.A.* en Burgos.

Componentes de la estructura y tipos de anclajes

Como venimos advirtiendo en líneas anteriores, el sistema muro cortina se compone de una estructura que podemos dividir en tres partes (ver fig. 12):

- **Perfiles:** compuestos de materiales como el aluminio extrusionado, aluminio templado, acero inoxidable o acero galvanizado.
- **Anclajes:** elementos de transición y transmisión de cargas del bastidor al forjado⁹².
- **Placa:** sobre los anclajes se acopla el elemento a soportar. Los paneles se fijan a la estructura sin ser parte de ella sino que permanecen suspendidos en el aire.

⁹⁰ FERRÉS, X.; ARAUJO, R. Op. cit. pp. 7- 9

⁹¹ CUNÍ, J.; MIRANDA, M.: “Empresas especialistas en muro cortina”. En: *Revista Tectónica*. p. 91

⁹² Las cargas que soporta cada anclaje depende del material con el que esté fabricado. Según técnicos de la empresa GUTTERKEL, S.L. un solo anclaje de acero inoxidable soporta cargas de hasta 50Kg.

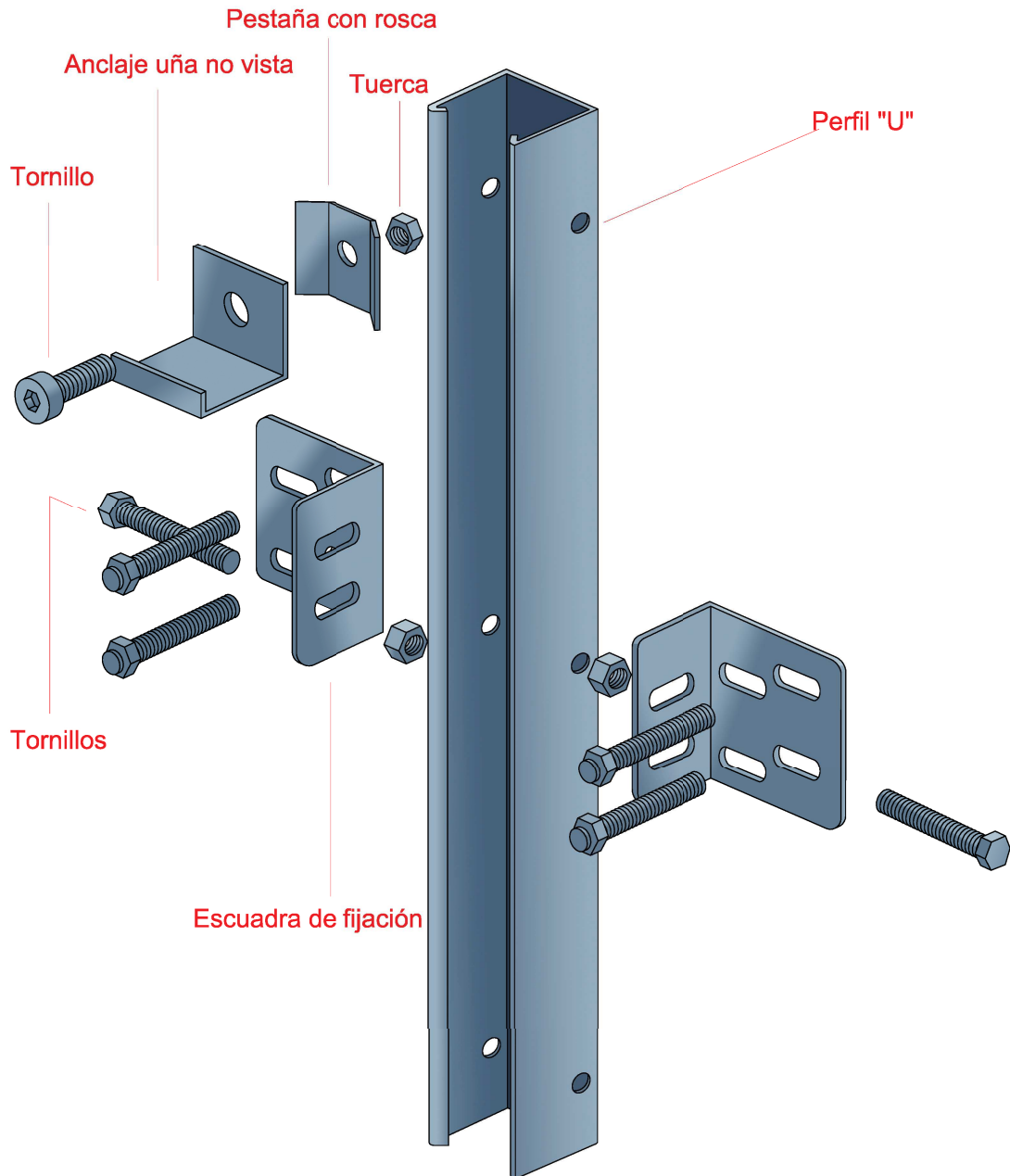


Fig. 12. Infografía del sistema muro cortina con grapa no vista. ver detalle en Fig. 13. (CALABRIA, I., 2013)

Cada diseño del sistema cortina y, sobre todo, sus puntos de anclajes cuenta con una filosofía propia determinante para su efectividad, su conservación y su integridad. De hecho existe una gran variedad de anclajes en la actualidad. De los cuales, los principales son tres⁹³:

- **pivote**: pasador que se introduce en un orificio efectuado por un taladro en el canto de la placa (nuevo soporte), vertical u horizontalmente. Para evitar tensiones puntuales en el contacto metal/soporte, podemos aislarlos enfundando los pivotes en un casquillo de nylon (ver fig. 13).

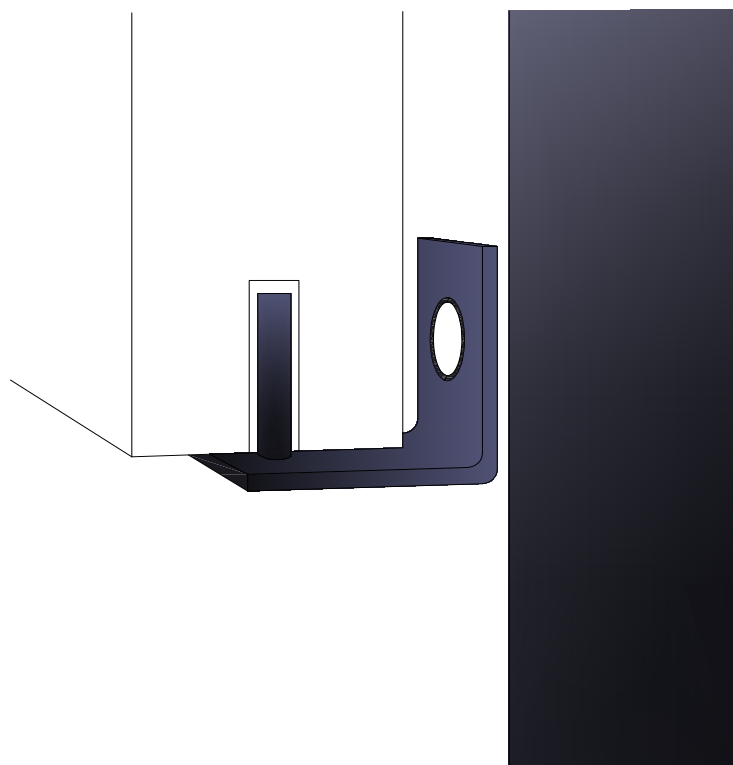


Fig. 13. Detalle anclaje pivote (CALABRIA, I., 2013)

⁹³ GUTTERKEL, S. A. "Elementos constructivos". [en línea] [ref. de 19 junio 2013]. Disponible en Web: <http://www.gutterkel.com/productos_anclaje_elementos_es.php>

- **uñas ocultas:** sujetan el nuevo soporte introduciendo una lengüeta en una ranura que se practica en el canto de éste. Pudiendo ser, la ranura, efectuada continua o puntualmente. Este es uno de los tipos de anclajes más utilizados en este sistema por su sencillez y rapidez de instalación, por el fácil montaje y desmontaje (a modo de guías corredizas en los casos en los que se le practique una ranura continua) y, sobre todo, por el resultado estético final (ver fig. 14).

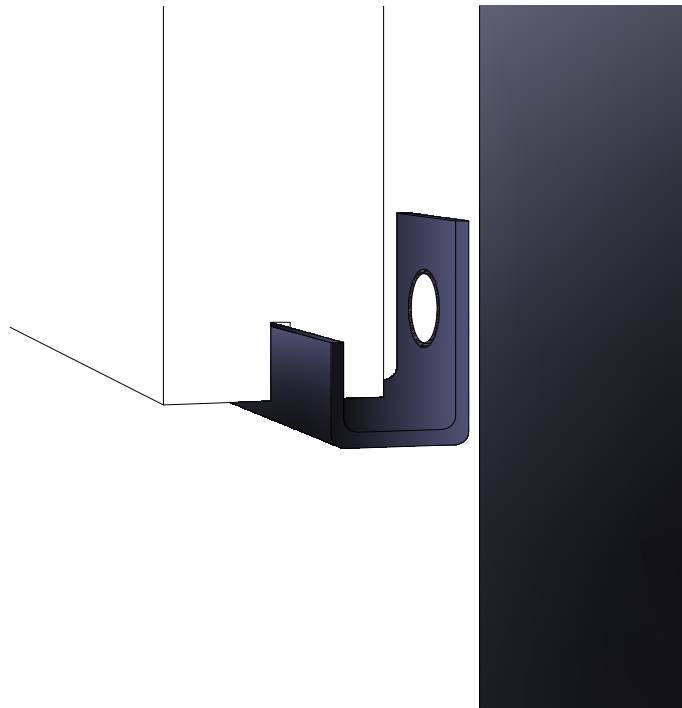
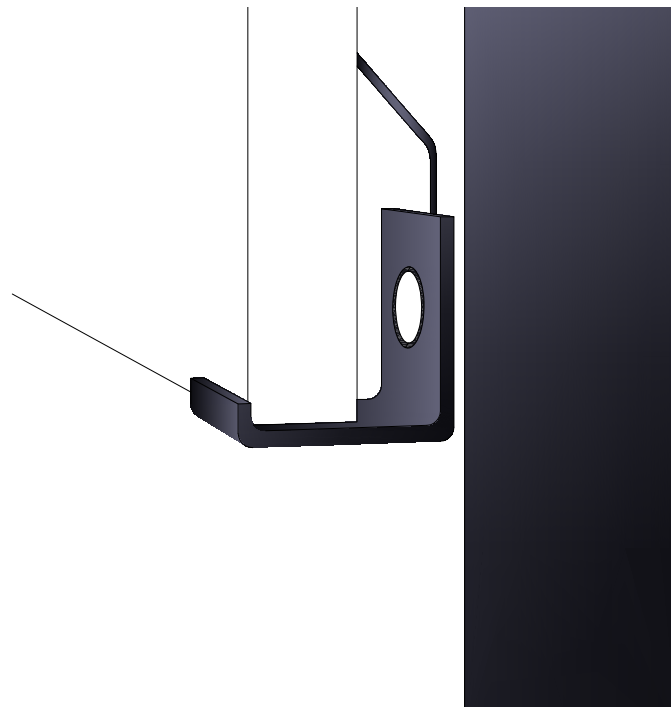
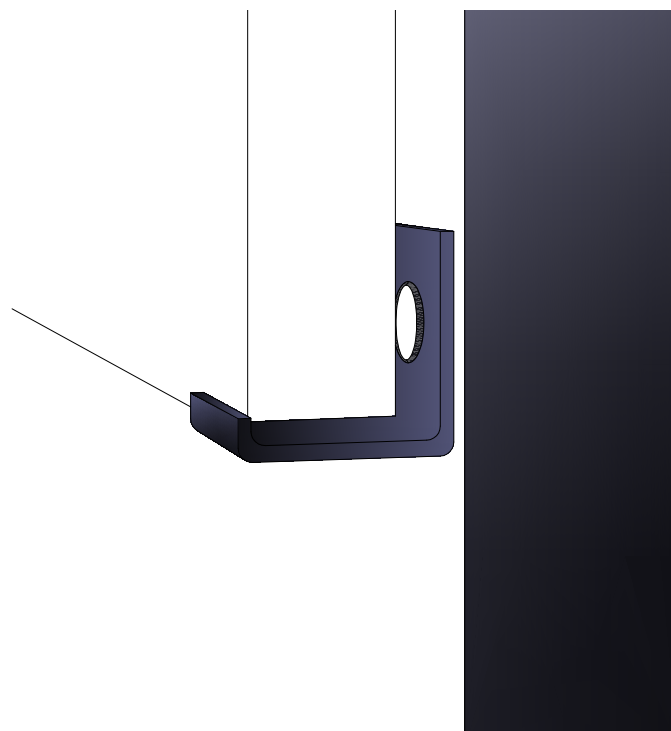


Fig. 14. Detalle de anclaje uña no vista. (CALABRIA, I., 2013)

- **uñas vistas:** sujeción que “abraza” el espesor del nuevo soporte (como los sistemas de anclaje a modo “L”). Este sistema está indicado para materiales exfoliables o de superficies irregulares (en el caso de anclaje con muelle) como puede ser la pizarra. Es el anclaje más rápido de montar y también el más seguro. Aunque presenta el inconveniente de que queda a la vista una vez finalizada la instalación (ver fig. 15).



a.



b.

Fig. 15. a.) Detalla anclaje uña vista con muelle; b.) Detalle uña vista sin muelle. (CALABRIA, I., 2013)

Recomendaciones para minimizar el riesgo de fallo

Existen numerosas recomendaciones que atañen a este sistema de muro-cortina dentro del mundo de la construcción pero, aplicado al campo de la restauración, no tienen demasiada cabida. El principal problema al que se enfrentan los arquitectos es la resistencia mecánica. El sistema muro-cortina es un sistema ligero, autoportante y que -al hacer las veces de la fachada de un edificio- está expuesto al continuo ataque del viento (aportando cargas y/o tensiones añadidas). Estos daños se traducen en deformaciones en la perfilería, lo que ocasiona el empleo de paneles de determinadas dimensiones para que no aporten más carga de la que la estructura muro-cortina pueda soportar⁹⁴. Este problema no es de tal envergadura aplicado al campo de la conservación de Patrimonio. En el caso de los estucos de la sala del Mosaico de los Amores, las propias dimensiones de los paneles serán bastante más limitadas. Por tanto, las cargas nunca llegarán ni tan siquiera equipararse a las acumuladas en las fachadas de los edificios o rascacielos. Al mismo tiempo, la propia cubierta que salvaguarda la habitación, debiera evitar que agentes ambientales de deterioro (como el viento, lluvia, agentes erosivos, etc.) actúen en contra de este sistema.

Otra cuestión importante es aclarar que los perfiles no irán fijados al forjado de un edificio, ya que no se trata de revestimientos exteriores sino reposiciones interiores que imitan estructuras murarias. De manera que, éstos irán anclados a otro tipo de estructura base auxiliar similar a las descritas al comienzo de este capítulo.

En el caso que la estructura base se tratase de obra de albañilería (ladrillo, piedras, mortero, etc.) Podemos fijar estos perfiles a la estructura base atornillándolos mediante escuadras de fijación. Sin embargo, en el caso de que la base fuese una estructura auxiliar metálica que funcionase a modo bastidor, podría evaluarse la posibilidad de soldar estos perfiles a dicha estructura⁹⁵.

Conclusiones a cerca del sistema de muro-cortina

Proponemos este sistema como alternativa al sistema de anclaje por imantación, siendo esta una solución potencialmente viable por los siguientes motivos:

- Consigue soportar estructuras en el aire (en nuestro caso el nuevo soporte o placa que alberga la pintura mural original), permitiendo su ventilación y no favoreciendo fenómenos como la condensación que pueda dañar la pintura.

⁹⁴ FERRÉS, X.; ARAUJO, R. Op. cit. pp. 10, 11.

⁹⁵ CÁTEDRA DE CONSTRUCCIÓN II. "Tema 10. Muros Cortina". p. 22

- Además, presenta una buena resistencia mecánica. Ya que, en construcción, debe estar preparado para soportar su propio peso, el peso de los aplacados y también las presiones como la acción del viento.
- La instalación de la estructura auxiliar, a partir de la disposición de una estructura base metálica que funcione de bastidor al que se le suelden los perfiles metálicos, es altamente recomendada por profesionales de la construcción⁹⁶. Esto es gracias a que obtenemos un mayor rendimiento ya que, al tratarse de un elemento prefabricado con materiales como el acero, se reducen tiempos de montaje respondiendo a razones técnicas y económicas. En nuestro caso, este ahorro en razones técnicas supone no realizar obra de albañilería in situ, sólo operaciones de fijación y ensamblaje (siempre en seco), lo que responde a criterios como la mínima intervención, la reversibilidad y el respeto al original.
- En cuanto a los principales tipos de anclajes que podemos utilizar con este sistema de muro-cortina, pensamos que la mejor opción sea el de uña no vista. El resultado final es óptimo ya que no se percibe el sistema de fijación empleado para las pinturas murales, lo cual procura una mejor lectura del conjunto. Pero además, ofrece un montaje y desmontaje más sencillo, si practicamos ranuras continuas (que coincidan con estos elementos de anclaje) a lo largo de todo el canto inferior y superior del nuevo soporte. De esta manera, aplicando una leve fuerza en sentido longitudinal, se consigue deslizar fácilmente el conjunto (a modo sistema de corredera) hasta su extracción. Asimismo, no se trata de un anclaje que debemos atornillar directamente al nuevo soporte (como otros muchos tipos de anclajes, como por ejemplo, los de tipo L). Por lo tanto es un sistema bastante limpio, poco invasivo y de un alto grado de reversibilidad.

Revisión de materiales y propuesta de soporte móvil para el conjunto mural de Cástulo

Revisión de los materiales empleados como soportes móviles

El nuevo soporte se ha empleado tradicionalmente en conservación y restauración de pintura mural. Sirve de apoyo a una pintura mural que, por diversos motivos, arranque o derrumbe, ha sido desprovista de su soporte original, como es el mortero preparatorio y/o el muro. Normalmente, el

⁹⁶ CÁTEDRA DE CONSTRUCCIÓN II. Op. cit. p. 4.

procedimiento de traslado a nuevo soporte⁹⁷ se realiza a nivel conservativo después de haberse ejecutado un arranque de la pintura mural con las técnicas de *strappo*, *stacco* o *stacco a masello*. Pero en nuestro caso, el hecho de que las pinturas parietales hayan sido desprovistas de su muro es consecuencia, según los arqueólogos de Cástulo⁹⁸, de una demolición intencionada (ver fig. 16). El resultado podría ser equivalente a un *stacco*⁹⁹ o *stacco a masello*¹⁰⁰.

La solución “nuevo soporte” tiene sentido en sistemas de anclaje como el de muro-cortina, cuya finalidad principal es la de soportar grandes paneles con la pintura mural. Pero no sucede lo mismo con el sistema por imantación, el cual nos ofrece la posibilidad de acoplar directamente los imanes a la estructura auxiliar base (bastidor metálico, recrecimiento de muro, etc.); e insertar directamente sobre el mortero original los imanes (que podríamos considerar como: puntos de anclaje) sin necesidad de realizar operaciones de rebaje de mortero.

Planteadas estas cuestiones nos sumergiremos, más detenidamente, en una revisión sobre los distintos materiales que podemos emplear como

⁹⁷ Convendría hablar, aunque sea de manera muy breve, de la metodología común de trabajo en el rebaje de mortero original. Se trata de uno de los primeros trabajos a realizar si queremos procurar un nuevo soporte al conjunto mural. Aunque es recomendable no eliminarlos si el estado de conservación de los fragmentos es bueno, ya que pueden servir a futuras investigaciones sobre la técnica de ejecución de la pintura mural. Sin embargo, si el mortero se presenta con un alto índice de descohesión o degradado, convendría efectuar un rebaje que favoreciera el agarre de la pintura al nuevo soporte. Si bien es cierto que con este tratamiento la pieza se libera de un enorme peso que nos facilita su manejabilidad, deberíamos dar prioridad a conservar la integridad total de la pieza y a velar siempre por una mínima intervención del bien. De cualquier manera el tamaño y peso del conjunto, condicionará el criterio final del restaurador a causa de una cuestión de recursos y medios.

Así que, si al fin se toma la decisión de rebajar el mortero, se aconseja consolidar el reverso tras esta operación con alguna resina acrílica o vinílica, o con materiales más análogos a la génesis del mortero como son los silicatos de etilo, etc.

Las operaciones que atañen al traslado de las piezas sobre el nuevo soporte son un tanto complejas, sobre todo, por el difícil manejo de los fragmentos tan pesados y, a veces, de grande formato. Sobre estas operaciones profundizan, en mayor o menor medida, varios autores:

CARRASCOSA, B.; PASÍES, T. *“La Conservación & Restauración del mosaico”*. pp 164- 172; SORIANO SANCHO, M. P. *“Traslado a nuevos soportes de pinturas murales arrancadas”* [cd-rom]; FERRER MORALES, Ascensión. *“La pintura mural: su soporte, conservación, restauración y las técnicas modernas”* pp. 123-127; MORA, P. et. al. *“La Conservazione delle pitture murali”*. ICCROM. pp. 285-308.

⁹⁸ CASTRO LÓPEZ, M.. *“El proyecto FORVM MMX (Cástulo, Linares): Conjunto arqueológico de Cástulo, Consejería de Cultura y Deporte, Junta de Andalucía. Instituto Universitario de Investigación en Arqueología Ibérica, Universidad de Jaén”*. [Informe técnico inédito] [s.p.].

⁹⁹ *“Es un tipo de extracción que levanta las capas de enlucido y algunas veces del enfoscado [...] Tiene la ventaja de que conserva las calidades propias de la pintura mural”*. Datos extraídos de: FERRER, A. *“La pintura mural: su soporte, conservación, restauración y las técnicas modernas”*. p. 120.

¹⁰⁰ *“Consiste en arrancar todas las capas de mortero e incluso, el soporte entero o parte de éste”*. Datos extraídos de: FERRER, A. *“La pintura mural: su soporte, conservación, restauración y las técnicas modernas”*. p. 119.



Fig. 16. Derrumbe de la pared correspondiente al muro Norte del edificio. (Proyecto FORVM MMX)

nuevo soporte. En el caso de la pintura mural de la estancia del Mosaico de los Amores intentaremos buscar una solución acorde a las características de las piezas y del sistema de anclaje (muro-cortina).

Factores a tener en cuenta a la hora de elegir el nuevo soporte

De manera general, hay que recaer en una serie de cuestiones antes de pasar a considerar los factores que atañen a los nuevos soportes:

- Lo ideal sería la inmediata reposición del nuevo soporte a la pintura mural una vez extraídos los fragmentos (en pintura mural procedente de excavación arqueológica como es nuestro caso) si no queremos que surjan problemas como la pérdida de adherencia de las gasas de extracción, aparición de microorganismos, deterioro por malas condiciones de almacenaje, etc.
- Hay que tener en cuenta la ubicación final. Si se pretende musealizar, tenemos dos posibilidades de reubicación de la obra mural:¹⁰¹

¹⁰¹ En ambos casos es imprescindible prever al conjunto mural de una salvaguarda gracias al control metódico de la humedad relativa/temperatura, rayos ultravioleta e infrarrojos, etc.

1. la recolocación en su lugar de origen.
 2. su instalación en un nuevo emplazamiento:
 - Museo: de manera permanente.
 - Exposición: de manera temporal.
- Otro factor importante es el estado de conservación en que encontramos las piezas. Es necesario considerar la presencia de deformaciones en la obra y, sobre todo, su peso.
 - Y por último, se debe siempre tener muy en cuenta los recursos con los que contamos. Muy a menudo, el conservador-restaurador deberá valorar los medios económicos y, por consiguiente, técnicos de los que dispone antes de acometer operaciones de traslado al nuevo soporte. Es algo básico el disponer de infraestructuras que sean apropiadas para este tipo de labores (espacios amplios, ventilación, buena iluminación, bien nivelado, etc.). Como sabemos, la escasez de recursos pueden condicionar enormemente la metodología de trabajo del restaurador, los criterios básicos y la ética profesional por la que éste se debe regir siempre¹⁰².

La elección del material para un nuevo soporte siempre ha de hacerse considerando sus pros y sus contras. Casi nunca podremos disponer de un material que satisfaga todas las necesidades que precisamos, pero tenemos que intentar seleccionar aquel que reúna el mayor número de requisitos. Algunos de estos requisitos son:¹⁰³

- Proteger la pieza en operaciones de traslado.
- Presentar un coeficiente de dilatación térmica mínimo o similar al del estrato original.
- Debe ser hidrorrepelente o, al menos, que no le afecte la humedad (migración de sales, humedades, etc.).
- Que no se vea alterado por el ataque de microorganismos y agentes biológicos.
- Resistencia al envejecimiento por interacción con los rayos U.V.
- Que tenga el mayor grado de reversibilidad posible.
- Que posea una buena adaptabilidad a la superficie del estrato original o, por el contrario, que sea lo suficientemente rígido para soportar el peso de la pieza.
- Que se componga de materiales ignífugos.
- Con resistencia a disolventes y agua. Así como a sustancias

¹⁰² CARRASCOSA, B.; PASÍES, T. Op. cit. pp. 123 - 153.

¹⁰³ FERRER MORALES, Ascensión. Op. cit. p. 125; ROZAS TORTAJADA, P. "Sistemas de anclaje para nuevos soportes de pinturas murales arrancadas". pp. 11,12.

ácidas y/o básicas.

- De bajo coste y fácil elaboración.
- Que sea ligero.

Tipos de soportes

Existen infinidad de materiales que podemos emplear como nuevo soporte. En este Trabajo Final de Máster estableceremos una clasificación de los materiales más utilizados y que mejores resultados han ofrecido en este tipo de intervenciones. Para ello, primero es necesario diferenciar entre:

- **Soportes fijos:** mortero bastardo¹⁰⁴ que imita al original para reubicar de nuevo la pintura mural a un muro (ya sea su muro original o no). El mortero se comporta -o hace las veces- de nuevo soporte, estrato de intervención o de nivelación y/o adhesivo a la estructura base. Su reversibilidad es complicada aunque nos garantiza la resistencia de piezas de grandes formatos.

- **Soportes móviles:** se trata de todos aquellos soportes que facilitan el transporte y manejabilidad de la pieza y que permiten su reubicación, tanto en su lugar de origen como en otro lugar distinto. Por tanto, permite una mayor versatilidad sin dañar la obra.

Dadas las grandes ventajas que ofrecen los soportes de tipo móviles (como su alto grado de reversibilidad y su fácil manejo) nos centraremos en la revisión de éstos. Los soportes móviles se componen de un sinfín de materiales que han ido utilizándose a lo largo de la historia de la restauración y, por ende, han ido también evolucionando, desde los más tradicionales hasta su fabricación con materiales novedosos de composición sintética e inerte. Cabe decir, que éstos están siempre en continuo estudio y aún hoy suscita gran interés por los investigadores en el campo de la conservación y la restauración. Aunque existe poca literatura sobre este tipo de intervenciones en el campo de la pintura mural arqueológica.

Los materiales más tradicionales que se han ido empleando a lo largo de la historia (telas de yute, tablas de conglomerado, bastidores de metal y madera, mallas de metal, etc.) se han ido, poco a poco, sustituyendo por otros materiales de origen sintético.

¹⁰⁴ Este tipo de soporte suele componerse de cal, ladrillo molido, polvo de mármol y/o piedra pómez (para dar ligereza). Aunque, como veremos, existen muchas variaciones de esta receta.

La gran parte de los materiales empleados tradicionalmente como nuevo soporte no son muy recomendados por los expertos¹⁰⁵. De manera que no profundizaremos demasiado en su revisión y pasaremos directamente a valorar los soportes que más se utilizan y los que se están estudiando en la actualidad.

De hecho, los materiales actuales suelen tener una composición puramente sintética. Siendo bastante ligeros y rígidos a la vez, aunque también pueden encontrarse materiales que sean más flexibles y ofrezcan la posibilidad de adaptarse a superficies irregulares. Principalmente podemos disponer de tres tipos de soporte:

- **Espumas rígidas como soporte simple:** en general, estos materiales suelen ser bastante estables y ligeros. Dependiendo de su composición varían también sus características en cuanto a su grado aislante, resistencia química y/o mecánica, estabilidad e inflamabilidad. Entre estos materiales tenemos el poliestireno, poliuretano o cloruro de polivinilo.
- **De tipo sándwich:**¹⁰⁶ compuesto normalmente de tres estratos. Dos láminas exteriores (normalmente de fibra de carbono y/o fibra de vidrio con resina epoxi) en cuyo interior podemos encontrar dos tipos de estructuras:

- de **núcleo alveolar**¹⁰⁷ o también denominado de nido de abeja. Este núcleo comúnmente se compone de aluminio alveola-

¹⁰⁵ Entre los materiales tradicionalmente utilizados, por ejemplo, los soportes rígidos de acero o pizarra no son convenientes por su peso; el aluminio es ligero pero no soporta grandes pesos; los conglomerados Eternit® son altamente cancerígenos por su componente de amianto. Los semirrígidos de mallas metálicas normalmente se reforzaban con yeso, lo que significa un aporte significativo de sales a la estructura muraria. Después de malas experiencias con este tipo de soportes que solían ser además muy pesados, se prefirió cambiar a soportes más ligeros. De modo que, se pensó que se podrían sustituir por el soporte común de la pintura tradicional de caballete, el lienzo. Pero la pintura mural nada tiene que ver con una pintura sobre lienzo. La tela sufre diversos movimientos mecánicos que la obra mural no soporta. Ni siquiera reforzando la tela con bastidores y yeso se lograba mantener la planitud por mucho tiempo.

¹⁰⁶ Según SORIANO SANCHO, M. P. Op. cit., 2006, Los soportes de tipo sándwich son especialmente recomendados, sobre todo, cuando constan de un alma metálica. Como sabemos, estos soportes se comercializan de muchos tipos pero, según la casa distribuidora, suelen tener precios bastante elevados. Por este motivo, y porque a veces la pieza por sus deformaciones lo requiere, se recurre a la fabricación de este tipo de soporte. Es en este caso cuando se recurre, por ejemplo, a la estructura interna de cartón cuya eficacia también suele ser buena. Debe siempre tenerse la precaución de impregnar este material en resina epoxídica o de poliéster para aportarle rigidez y para impedir su deterioro.

¹⁰⁷ Este tipo de soportes al encontrarse alveolados, es decir, huecos por dentro adquieren una ligereza que nunca antes se había conseguido.

do. Aunque también se ha usado cartón y otros materiales.

- de **núcleo de espuma rígida**. Dentro de este grupo encontramos como capa intermedia los diferentes tipos de espumas que podemos utilizar como soporte simple y, en algunos casos, también como estrato de intervención. Se está experimentando también con la madera de balsa.

- **Otros materiales como soporte simple:** dentro de este grupo tenemos las resinas epoxi o de poliéster con fibra de vidrio, el policarbonato celular, y nuevos materiales que actualmente se están estudiando, como las fibras de carbono con matriz termoendurecible¹⁰⁸ y las fibras aramídicas (Kevlar®)¹⁰⁹ con resina epoxi.

Estrato de intervención

Cuando aprovisionamos de un nuevo soporte a una pintura mural debemos cerciorarnos que tendrá la máxima durabilidad posible¹¹⁰, ya que estos procesos resultan bastante traumáticos para la pieza. Pero en el caso de que se tuviera que eliminar este refuerzo, nuestro tratamiento debe siempre buscar el mayor grado de reversibilidad. De modo que es necesario siempre pensar en interponer entre la pieza original y el nuevo soporte, un estrato intermedio, el cual se conoce como “*estrato de intervención o de sacrificio*”. El estrato de intervención es una capa que debe colocarse entre el nuevo soporte y la pintura para facilitar así la remoción de éste en caso necesario.

En esta revisión, hemos hecho una selección de los tipos de estratos de intervención más empleados en restauración:

- **Poliestireno y poliuretano expandido:** que son muy ligeros, de fácil destrucción y de alta inflamabilidad.

- **Caseinato cálcico.** El *Laboratorio di Restauro della Soprintendenza per i Beni Culturali della Toscana* (Firenze, Italia) ha trabajado mucho con este tipo de estrato de intervención. Se puede eliminar fácilmente en cuanto se fractura un poco.

¹⁰⁸ SORIANO SANCHO, M. P. Op. cit., 2006, explica que la fibra de carbono se está empleando actualmente en sustitución de la fibra de vidrio. En 1992, se probó que la fibra de vidrio sufre una degradación que produce deformaciones estructurales en los soportes que la contienen.

¹⁰⁹ Fibras formadas por cadenas sintéticas de poliamida. Se utilizan como refuerzo de prendas textiles por su alta resistencia.

¹¹⁰ FERRER, A. Op. cit. p. 125, recomienda una durabilidad mínima de cincuenta años.

- **Corcho natural:** el *I.C.R. (Istituto Centrale di Restauro di Roma)* utilizaba este tipo de materiales como estrato de intervención para soportes de Aerolam®. Este es un material ignífugo pero biodegradable.
- **Cartón en forma de nido de abeja:** embebido en resina epoxi.
- **Aluminato cálcico o de bario**¹¹¹: aplicado como mortero de espuma mineral similar al original.
- **Cloruro de polivinilo:** se recomienda con el poro más cerrado para que no penetre la resina y llegue hasta la obra original. Suele encontrarse de diferentes grosores, aunque se utiliza de 3 a 5 mm.
- **Muletón** (tela de algodón): hoy en día se utiliza en algunas intervenciones. Uno de los centros que más lo utiliza es el Centre de Restauracions de Béns Mobles de Sant Cugat en Barcelona.
- **Mortero ligero**¹¹²: estrato de intervención más ligero que el mortero original aunque no tan reversible como otros. Éste se refiere al mismo estrato de mortero del que hablábamos en los soportes fijos.
- **Fieltro:** expertos garantizan una fácil separación de todos los estratos con un fieltro de gran grosor.
- **Espuma de poliuretano:** ofrece estratos de diferentes grosores, aunque su remoción del reverso de la obra se hace algo complicada.
- **Estratos de intervención químicos:** como las resinas acrílicas, las cuales se utilizaron también en el *Laboratorio di Restauro di Firenze*, pioneros en utilizar resinas acrílicas del tipo Vinavil® o Crilar 113® con cargas. Aunque la manera de eliminar estos estratos se reali-

¹¹¹ Una receta que encontramos sobre el mortero de aluminato de bario o cálcico en SORIANO, M. P. Op. cit. 2006:

- 30% polvo de mármol o arena tamizada.
- 33% hidróxido cálcico (*grassello*).
- 34% Primal 33 (*grassello*).
- 2,7% hidróxido de bario (octohidrato) o cálcico.
- 0.3 % aluminio en polvo.

¹¹² Otra de las fórmulas que pueden emplearse, según SORIANO, M. P. Op. cit. 2006:

- 1 vol. de cal apagada.
- 1 vol. de Acril 33.
- 5 vol. de Perlite.

za mediante disolventes orgánicos polares, operación que puede ser perjudicial para el mortero original de la pieza.

Por el contrario, existen otras resinas altamente recomendadas como el Regalrez™ (resina de hidrocarburos saturados) o el Paraloid B-72® (resina acrílica), por crear películas de poco peso y poco espesor pero, sobre todo, por la combinación de dos adhesivos de polaridad distinta, lo cual procura su fácil remoción.

Selección y propuesta del nuevo soporte

Después de la revisión realizada y teniendo en cuenta las recomendaciones de los especialistas, hemos elegido una solución que consideramos adecuada para soportar los estucos de la estancia del *Mosaico de los Amores* de Cástulo. El soporte que proponemos consta de tres partes diferenciadas (Ver Anexo 6: infografía muro cortina):

- **Estructura base:** hemos elegido un material que aporte rigidez al conjunto y que sea inerte. Estas características las encontramos en soportes de tipo sándwich con estructura interna alveolar de aluminio o similar. Actualmente, los soportes más recomendados son los Aerolam® comercializados por la empresa Ciba-Geigy. Los Aerolam® suelen ser bastante caros pero la ventaja de adquirirlos ya fabricados es que, a largo plazo, resulta una buena inversión; pues, sobre todo, reduce la puesta en obra del restaurador que normalmente emplea mucho tiempo en la elaboración de este tipo de estratificados. Dadas las dimensiones de la pared norte de la sala que alberga el Mosaico de los Amores (en torno a unos 6,15 metros de ancho y 3,80 de alto aproximadamente) es probable que necesitemos dos paneles soportantes, los cuales podemos acoplar, insertando en los cantos laterales espigas de fibra de vidrio.

- **Estrato de intervención:** en este caso hemos elegido el empleo de Paraloid B72®. Se trata de un copolímero de Metilacrilato y Etilmetacrilato. Esta resina es transparente y casi incolora. Se disuelve en disolventes apolares (como Cetonas, Ésteres, Éteres de Alcohol, Hidrocarburos clorados y aromáticos) lo que proporciona un alto grado de reversibilidad ya que el estrato de unión y nivelación se trata de un mortero tradicional al que afecta fácilmente los disolventes polares (como el agua); esta característica hace que podamos separar los estratos que componen el nuevo soporte dañando lo menos posible las capas preparatorias. A su vez, este estrato también sirve para adherir la espuma de poliuretano al soporte. Además, es ideal por su ligereza, ya que su bajo peso molecular no

aporta peso a la estructura general resultante¹¹³.

- **Estratos de nivelación:** para nivelar todos los fragmentos de estuco a la hora de unirlos al nuevo soporte podemos elaborar una argamasa que actúe de **primer de estrato de nivelación estrato adhesivo** a la vez. Esta argamasa puede ser un mortero de similar composición a la original. Dicho mortero de restauración podemos elaborarlo con cal aérea y árido del mismo terreno¹¹⁴ en dosificación 1:3. Para garantizar también la reversibilidad de este estrato de nivelación, podemos interponer gasa hidrófila entre el mortero original y el mortero bastardo. Debemos procurar que, una vez aplicado este estrato, el espesor total no rebase los 20-25 mm. Dado que las pinturas permanecerán suspendidas verticalmente sin ningún apoyo horizontal, recomendamos añadir un **segundo estratificado de nivelación** de alguna espuma sintéticas como el poliestireno extruido, el cual es bastante ligero y al ser extruido contiene un poro más cerrado para albergar posteriores capas. A esta nueva capa, se le practican orificios donde vayan ubicadas las piezas de estuco. De manera que, estos fragmentos queden insertados en este último estrato. Por último, es necesario añadir un **tercer estrato de nivelación sobre el cajado de poliestireno** que albergue la reintegración cromática final. Dicho estrato puede ser el mismo mortero que se utilizó al inicio para nivelar y unir las piezas originales a su nuevo soporte. Finalmente, este nuevo mortero albergará la reintegración cromática que podría realizarse con pinturas minerales al silicato o directamente al fresco procurando un bajo tono que respete el criterio de discernibilidad entre original y nueva intervención.

¹¹³ CREMONESI,P.; BORGIOLI, L. *“Le resine sintetiche usate nel trattamento di opere policrome”*. p.p. 123-124.

¹¹⁴ Conocemos la dosificación del mortero original gracias a los estudios granulométricos que hemos realizado a siete de los nueve fragmentos facilitados por el proyecto de investigación *FORVM MMX*. Dichos estudios nos han desvelado que la concentración del particulado era de 1 vol. de cal por 3 vol. de árido (ver anexo 2: estudio granulométrico de los estucos de Cástulo).

6. Conclusiones Finales



6. Conclusiones Finales

Cuando hablamos de la disciplina de Conservación y Restauración de Bienes Culturales no nos estamos refiriendo a una ciencia exacta. Cada tratamiento puede variar según la obra, sus circunstancias y el propio criterio del restaurador. Somos conscientes de esto y, en nuestro caso, contamos con una complicación añadida: los revestimientos murales están íntimamente ligados a la arquitectura del edificio que, además, en la mayoría de los casos desaparece casi por completo. Y esta problemática añadida es la que puede haber ocasionado el “desinterés” al que ha estado sometida tanto tiempo la salvaguarda de las pinturas murales arqueológicas. Las cuales, muchas veces estaban destinadas (en el mejor de los casos) a los almacenes de un museo.

Teniendo en cuenta las vicisitudes a las que nos enfrentamos, y siendo conscientes de la fase inicial en la que aún se encuentra la intervención arqueológica, hemos considerado la mejor solución realizar diferentes propuestas de aplicación de sistema de anclajes que nos puedan avalar su conservación teniendo siempre en cuenta las características de la obra y sus circunstancias.

Revisando bibliografía y publicaciones sobre este tipo de procedimientos, hemos constatado la poca variedad existente en sistemas de anclaje, además de una gran falta de publicaciones al respecto. Parece reinar una cierta indolencia en cuanto a este elemento de fijación. Sin embargo, se trata de un objeto muy importante que debería adquirir mayor protagonismo en cualquiera de las disciplinas de restauración pero, sobre todo, en el campo de la conservación de pintura mural. De hecho, en pintura mural, resulta ser tan primordial que un fallo en el sistema de anclaje puede resultar nefasto para la conservación de la obra. Es por esto, que se debe siempre realizar un estudio exhaustivo, comenzando por las características técnicas de los revestimientos murales para después poder realizar una selección del sistema de anclaje lo más adecuada posible a las características de la obra.

La primera opción que proponemos con elementos de anclaje por imantación, *a priori*, parece ser un óptimo recurso como sistema expositivo por resultar muy poco invasivo, limpio, respetar los estratos de mortero original casi por completo, además de garantizar su fácil montaje y desmontaje. Desde el inicio de este estudio consideramos esta una solución muy viable, aunque la falta de publicaciones sobre actuaciones similares llevadas a cabo, sobre todo, en lo que se refiere a pintura mural,¹¹⁵ ha supuesto alguna que otra dificultad a lo largo del planteamiento del sistema. El principal obstáculo ha surgido al tener en cuenta que en una exposición permanente, su empleo podría suponer ciertos riesgos de fallo por desimantación. Para ello, hemos establecido una serie de recomendaciones que deberían reducir en gran medida estos riesgos.

¹¹⁵ Sólo encontramos información a cerca de un ensayo realizado por Paola Zincone: Op. cit., realizado con imanes que, sin embargo, se lleva a cabo para una exposición de carácter temporal. Circunstancia que puede ir más en consonancia con este tipo de sistema.

En segundo lugar, hemos propuesto un sistema de anclaje que se adaptase a las tradicionales soluciones de conjuntos murales provistos de nuevo soporte. Se trata de una estructura conocida en construcción como “muro-cortina”. Sobre este tipo de sistemas tampoco hemos encontrado publicaciones de intervenciones aplicados a conservación de pintura mural. Aunque esto no ha supuesto un problema, ya que existe mucha literatura en el mundo de la arquitectura y la construcción para conocer el funcionamiento de éstos y aplicar más fácilmente sus características al mundo de la restauración. Este segundo caso, se trata de una técnica limpia, de fácil instalación in situ y que nos ofrece una resistencia mecánica, así como un fácil montaje y desmontaje del conjunto de las piezas murales.

Después de estudiar los diferentes tipos de anclajes y sus correspondientes soluciones expositivas, así como evaluar diferentes factores que atañen a los sistemas expositivos según la musealización del yacimiento arqueológico, hemos llegado a la conclusión de que si queremos asegurar la integridad y la conservación de la pieza, muchas veces es más recomendable decantarse por sistemas más tradicionales, cuyos resultados, con el paso del tiempo, son ampliamente conocidos. La respuesta a largo plazo de materiales y métodos que aún no se han estudiado en profundidad, puede resultar dañino para la obra o, a lo sumo, provocan una desconfianza que no todo restaurador está dispuesto a asumir.

Como ya hemos comentado, durante la evolución progresiva de este estudio hemos podido también tomar conciencia de la dificultad que conlleva aplicar, al campo de la Conservación y Restauración, sistemas y productos fabricados para satisfacer necesidades afines a otro tipo de sectores (en este caso: la ingeniería arquitectónica). La correcta aplicación requiere de un estudio exhaustivo de estos sistemas, lo cual a veces, se vuelve una tarea un tanto complicada.

Por otro lado, en proyectos donde se realizan estudios y trabajos que entrelazan diferentes ciencias y conocimientos, como en este caso: historia, restauración y arquitectura, es siempre necesario trabajar interdisciplinariamente. Somos conscientes de que cada una de estas propuestas debe ser revisada y concluida por el arquitecto que, en un futuro, se encargue de idear la musealización del entorno arqueológico. Y, por supuesto, nuestro estudio no habría sido posible sin las investigaciones llevadas a cabo por los arqueólogos que trabajan en Cástulo, que nos han dado la información necesaria para la contextualización de las pinturas murales, así como para completar los datos de la técnica de ejecución y de estilo. Sólo de este modo evitaremos poner en riesgo nuestro Patrimonio.

7. Bibliografía



7. Bibliografía

- AENOR. “*Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte I: Determinación de la granulometría de las partículas. Método del tamizado*”. UNE-EN 933-1. Madrid: AENOR, 2012.

- AENOR. “*Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Determinación de la granulometría de las partículas. Método del tamizado; Parte II: Determinación de la granulometría de las partículas. Tamices de ensayo, tamaño nominal de las aperturas*”. UNE-EN 933-2. Madrid: AENOR, 1999.

- AENOR. “*Tamices y tamizado de ensayo. Parte I: vocabulario*”. UNE 7050-1:1997. Madrid: AENOR, 1997.

- AENOR. “*Tamices y tamizado de ensayo. Parte III: Exigencias técnicas y verificaciones de los tamices de ensayo de tela metálica*”. UNE 7050-1:1997. Madrid: AENOR, 1997.

- CATÁLOGO FISHER. “*Fijaciones Profesionales*”. 2007/2009. [en línea] [ref. de 03 julio 2013]. Disponible en Web: <<http://www.fischer.es/tabid-333.aspx>>

- CATÁLOGO GRAPAMAR. “Anclajes”. [en línea] [ref. de 19 enero 2013]. Disponible en Web: <<http://www.grapamar.com/es/catalogo/>>

- CATÁLOGO SUPERMAGNETE. [en línea] [ref. de 19 enero 2013]. Disponible en Web: <<http://www.supermagnete.de/spa/downloads>>.

- CÁTEDRA DE CONSTRUCCIÓN II. “*Tema 10. Muros Cortina*”. Departamento de Construcciones Arquitectónicas. Universitat Politècnica de València. 2008-09. 26 p.

- CONSEJERÍA DE CULTURA Y DEPORTE: “*Instituciones culturales: Conjunto arqueológico de Cástulo*”. ©Junta de Andalucía. Revisado y conformado por CSS 2.0 | WAI A WCAG 1.0 [en línea] [ref. de 05 febrero 2013]. Disponible en Web: <http://www.juntadeandalucia.es/culturaydeporte/web/consejeria/instituciones_culturales/b7db0b73-c543-11de-8f91-000ae4865a05>

- CONSEJERÍA DE CULTURA Y DEPORTE: Museos de Andalucía. “*Conjunto arqueológico de Cástulo: historia investigaciones*”. ©Junta de Andalucía. Revisado y conformado por CSS 2.0 | WAI A WCAG 1.0 [en línea] [ref. de 02 febrero 2013]. Disponible en Web: <http://www.museosdeandalucia.es/culturaydeporte/museos/CACS/index.jsp?redirect=S2_2.jsp>

- CONSEJERÍA DE CULTURA Y DEPORTE. Portal de Museos de Andalucía. “*Museo Arqueológico de Linares*” [en línea]. ©Junta de Andalucía. Revisado y conformado por CSS 2.0 | WAI A WCAG 1.0 [ref. de 19 agosto 2012]. Disponible en Web: <http://www.museosdeandalucia.es/cultura/museos/MALI/index.jsp?redirect=S2_2.jsp>.

- GRUPO DE INVESTIGACIÓN MOSAICO HISPANORROMANO (CCHS-CSIC). BIOGRAFÍA: Jose María Blazquez Martínez [en línea]. [Ref. de 03 marzo 2013]. Dis-

- ponible en Web: <<http://www.proyectos.cchs.csic.es/mosaicosromanos/node/28>>
- GUTTERKEL, S. A. "La fachada ventilada". [ref. de 20 marzo 2013]. Disponible en Web: <http://www.gutterkel.com/productos_anclaje_fachada_es.php>
 - ICOMOS, Comité Español del Consejo Internacional de Monumentos y Sitios. "Principios para la Preservación, conservación y Restauración de las Pinturas Murales". [en línea] [ref. de 19 junio 2013]. Disponible en Web: <http://www.esicomos.org/nueva_carpetacar-taPINTURASMURALES_esp.htm>
 - ISO. "Test sieves. Technical requirements and testing. Part I: Test sieves of metal wire cloth". ISO 3310-1:2000. ISO, 2012
 - JINMAG, *Shagai Jinmagnets Industrial, CO. Ltd.* [en línea] [ref. de 20 enero 2013]. Disponible en Web: <<http://www.jinmagnets.com/en/index/>>.
 - MAGNET DISTRIBUTORS AND FABRICATORS ASSOCIATION. "Test Method for determining breakaway force of magnet". [en línea] [ref. de 19 enero 2012]. Disponible en Web: <<http://www.intl-magnetics.org/pdfs/testmethod.html>>.
 - NATIONAL GEOGRAPHIC, España. "Grandes descubrimientos del 2012: una selección de algunos de los hallazgos arqueológicos más relevantes del pasado año en España y el resto del mundo". [en línea] [ref. de 06 abril 2013]. Disponible en Web: <http://www.nationalgeographic.com.es/articulo/historia/actualidad/7906/grandes_descubrimientos_2012.html>
 - P.P.H.U. "ENES" (Pawel Zientek) [ref. de 20 enero 2013]. Disponible en Web: <<http://magnets-magnets.eu/>>.
 - EL PAÍS. "La historia enterrada de Cástulo. Las ruinas, en las afueras de Linares, evocan el esplendor de una gran urbe romana". 1998 [en línea] [Ref. de 08 abril 2013] ©Ediciones El País, S. L. Disponible en Web: <http://elpais.com/diario/1998/07/10/andalucia/900022953_850215.html>.
 - EL PAÍS. "La historia enterrada de Cástulo. Las ruinas, en las afueras de Linares, evocan el esplendor de una gran urbe romana". ©Ediciones El País, S. L., 1998 [en línea]. [Ref. de 08 abril 2013] Disponible en Web: <http://elpais.com/diario/1998/07/10/andalucia/900022953_850215.html>.
 - REAL ACADEMIA DE HISTORIA: "Datos biográficos" [en línea]: del Centro Digital de Estudios Biográficos. Dirección General de la Sociedad de la Información del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. [ref. de 12 de mayo de 2013]. Disponible en Web: <<http://www.rah.es:8888/ArchiDocWeb-RAH/action/isadg?method=retrieve&id=18973>>.
 - SUPERMAGNETE. Empresa especializada en imanes. [ref. de 20 enero 2013].

Disponible en Web: <<http://www.supermagnete.es>>.

- ABAD CASAL, Lorenzo. “*La pintura romana en España*”. [tesis doctoral editada] Alicante: Universidad de Alicante; Sevilla: Universidad de Sevilla, 1982. ISBN 84-7405-261-0, 1-2 vol. 725 p.

- ADAM, Jean - Pierre. “*La Construcción Romana: materiales y técnicas*”. 2ª ed. León: Editorial de los Oficios, 2002. P 373. ISBN: 84-930-4274-9.

- ARMENGOL C., FAGES M. et al. “*Recuperació i restauració de pintures murals a l'oli de Pere Viver*”. V Reunió Tècnica de Conservació-Restauració. Museu Marítim de Barcelona 20 i 21 d'octubre: 1995, núm. 5.

- AZCONEGUI MORÁN, Francisco; et al. “*Guía práctica de la cal y el estuco*”. Editorial de los Oficios, 1998. León. ISBN: 8493042706.

- BARBET, Alix. “*Le peinture murale romaine: les styles décoratifs pompéiens*”. 2ª ed. Paris: Éditions A. et J.Picard, 2009. 286 p.

- BLÁZQUEZ MARTÍNEZ, José María. et. al. “*Acta de Arqueología Hispánica, 8. Cástulo I*”. [1] Ministerio de Educación y Ciencia, Dirección General de Patrimonio Artístico y Cultural. Molina, F.; Contreras, R. (col.); Garzón, M.; Schwaar, B.; Molina, F.; Ocaña, J. (dib.); Molina, F. (fot.); Shwaar, B. (arq.). Madrid: Servicio de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia, 1974. ISBN: 84-369-0409-5.

- BLÁZQUEZ MARTÍNEZ, José María; et. al. “*Cástulo, una importante ciudad oretano-romana*”. [2] Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes. Antigua: Historia y Arqueología de las civilizaciones [en línea]. [Otra edición en: Revista de Arqueología 31, noviembre 1983, pp. 16 – 26. Versión digital por cortesía de los autores, como parte de la Obra Completa del Prof. Blázquez, corregida de nuevo bajo su supervisión]. Disponible en Web: <<http://www.cervantesvirtual.com/obra/castulo-una-importante-ciudad-oretanoromana--0/>>.

- BLÁZQUEZ MARTÍNEZ, José María; et. al. “*Excavaciones arqueológicas en España. Cástulo III*”. [3] Ministerio de Cultura. Dirección General de Bellas Artes, Archivos y Bibliotecas. Molina, F.; Contreras, R. (col.); Garzón, M.; Schwaar, B.; Molina, F.; Ocaña, J. (dib.); Molina, F. (fot.); Shwaar, B. (arq.). Madrid: Servicio de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia, 1981. ISBN: 84-7483-171-1.

- BLÁZQUEZ MARTÍNEZ, José María; et. al. “*Secuencia Histórica de Cástulo (Linares, Jaén)*”. [4] Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes. Antigua: Historia y Arqueología de las civilizaciones [en línea]. [Publicado previamente en: Estudios de arqueología ibérica y romana. Homenaje a Enrique Pla Ballester, Trabajos Varios del Servicio

de Investigación Prehistórica 89, Valencia 1992, pp. 391 – 396 (también en Blázquez, J. M^a. Los pueblos de España y el mediterráneo en la antigüedad. Estudios de arqueología, historia y arte, Madrid 2000, pp. 185 – 197). Editado por Biblioteca Cervantes en versión digital por cortesía de los autores, bajo su supervisión y con la paginación original. [en línea] [ref. de 20 enero 2013]. Disponible en Web: <www.cervantesvirtual.com/.../blazquez-jose-maria-10/>.

- CARRASCOSA, Begoña; LASTRAS, Montserrat. “*La Conservación & Restauración de la azulejería*”. Editorial UPV. Valencia, 2006. ISBN 8483630192.

- CARRASCOSA, Begoña; PASÍES, Trinidad. “*La Conservación & Restauración del mosaico*”. Editorial UPV. Valencia, 2004. ISBN: 8497056736.

- CASTRO LÓPEZ, Marcelo. “*El proyecto FORVM MMX (Cástulo, Linares): Conjunto arqueológico de Cástulo, Consejería de cultura y Deporte, Junta de Andalucía. Instituto Universitario de Investigación en Arqueología Ibérica, Universidad de Jaén*”. [Informe técnico inédito]. Secretaría General de Universidades, Junta de Andalucía, 30 de abril del 2013. [s.p.]

- CEÁN BERMÚDEZ, Juan Agustín. “*Sumario de las antigüedades que hay en España, en especial las pertenecientes a Bellas Artes*”. Imprenta de M. de Burgos. Madrid.

- CREMONESI, Paolo; BORGIOI, Leonardo. “*Le resine sintetiche usate nel trattamento di opere policrome*”. Saonara, Editoriale il prato, 2005. 189 p.

- CUNÍ, J.; MIRANDA, M.: “*Empresas especialistas en muro cortina*”. En: Revista Tectónica, 16. Madrid, ATC Ediciones, S.L. Diciembre 2003. ISSN: 1136-0062.

- DEL VALLE BARTOLOMÉ, P.; ROIG PICAZO, M. P., SORIANO SANCHO, M^a P. “*Los murales de la antigua Casa de Ferraz de Valencia. Propuesta para su futura exhibición*”. En: 17th International Meeting on Heritage Conservation.

- DOMÉNECH CARBÓ, María Teresa. “*Informe Analítico: pinturas murales de Cástulo*”. [Informe analítico inédito]. Instituto de Restauración del Patrimonio. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, 28 de mayo de 2012.

- FERRÉS, Xavier; ARAUJO, Ramón. “*Muro cortina*”. En: Revista Tectónica, 16. Madrid, ATC Ediciones, S.L. Diciembre 2003. ISSN: 1136-0062.

- GÓMEZ FERNÁNDEZ, ÁNGEL. “*Un ejemplo de decoración arquitectónica isturgitana*”. [s.l.]. 2010. ISSN: 1576-384 X.

- GUIRAL PELEGRÍN, C. “*Aspectos técnicos pintura mural romana. La mantería*”. Revista de la Escuela Taller, 2. Noviembre 2000.

- HERNÁNDEZ RAMÍREZ, J. “*La praxis de la pintura mural Emerita Augusta. La pintura romana antigua*.” Actas del Coloquio Internacional. Mérida, 1996.

-
- HIDALGO, RAFAEL. "Esquemas decorativos pictóricos de la Villa Romana de El Ruedo (Almedinilla, Córdoba)". Grupo de Investigación HUM-236. [en línea] [ref. de 23 enero 2013]. Disponible en la Web: <<http://www.arqueocordoba.com/publ/anales/anales01/1.4.pdf>>
- HOESKSTRA, Daan. "Pintura mural: noves i antigues tendències en materials". *Pràctiques artístiques i conservació*. Urtx: revista cultural del Urgell, 2011. RACO (Revistes Catalanes amb Accés Obert) [en línea] [ref. de 20 febrero 2013]. Disponible en Web: <<http://www.intl-magnetics.org/pdfs/testmethod.html> 11.02.2013>.
- LASTRAS PÉREZ, Monserrat. "Unidad didáctica 5. Lección 6: Generalidades en la restauración de objetos metálicos arqueológicos". [apuntes sin editar de la asignatura: Teoría y práctica de la conservación y restauración de los bienes culturales I]. Universitat Politècnica de València. 2011-2012.
- MEDEL, Oscar. "Cástulo aflora su esplendor". Revista La Aventura de la Historia [en línea]. 31 Agosto 2012. [Ref. 09.01.21013]. [en línea] [ref. de 03 marzo 2013]. Disponible en Web: <<http://www.laaventuradelahistoria.es/2012/08/31/castulo-aflora-su-esplendor.html>>
- MORA, P.; MORA, L.; PHILIPPOT, P. "La Conservazione delle pitture murali". 2ª ed. Bologna: Compositori, 2001. 473 p.
- OLMOS BENLLOCH, Paul. "Preparación pintura mural en el mundo romano". En: Ex Novo III: Revista d'història i humanitats. Noviembre, 2006.
- PAYUETA, Alicia; MORALES, Susana. "Intervención sobre las pinturas murales procedentes del Lalarío de la Casa Ninfeo del Yacimiento arqueológico de Bibilis. Parte I". En: KAUSIS, Nº 5: Revista de la Escuela-Taller de Restauración de Aragón III. (Junio 2008).
- PAYUETA, Alicia; MORALES, Susana. "Los murales de Javier Ciria precedents del teatro Fleta de Zaragoza. Parte I. proyecto para su restauración". KAUSIS, nº 7: Revista de la Escuela-Taller de Restauración de Aragón III. Junio 2010.
- PEREZ, María. "Incorporación de polímeros modernos a las instalaciones artísticas: análisis y síntesis de procesos de Conservación y Restauración". Universitat Politècnica de València, 2012.
- PERUSINI, Giuseppina. "Il Restauro dei Dipinti e delle Sculture Lignee: storia, teorie e tecniche". Del Bianco Editore 1989. Udine (Italia). 303 p.
- PLINIO EL VIEJO. "Historia Natural, XXXV: Mineralogía, usos de la tierra, pigmentos, discusión sobre el arte de la pintura, y el uso del sulfuro". Ed. de H. Rackham, Loeb Classical Library. Cambridge, 1938 – 1952.
- ROZAS TORTAJADA, Paula. "Sistemas de anclaje para nuevos soportes de pinturas mu-

rales arrancadas" [Recurso electrónico disponible CD-ROM] [Trabajo final de Máster inédito]. Máster Restauración & Conservación de Bienes Culturales. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia 2009-10.

- SORIANO SANCHO, Pilar. *"Revisión crítica de las metodologías tradicionales en los arranques de pinturas murales"*. [Apuntes sin editar del Máster C&R de BB.CC.]. Universidad Politécnica de Valencia, 2012-2013.

- SORIANO, M^a Pilar. *"Traslado a nuevos soportes de pinturas murales arrancadas"*. Valencia, Editorial UPV, 2006. ISBN: 84-8363-064-8.

- TRISTÁN, Rosa María. *"Un colapso ecológico acabó con la cultura argárica del Sudeste ibérico. El fin de aquella sociedad fue provocado por la deforestación de los bosques"*. Periódico El Mundo [en línea], 2007. [Ref. 03.04.2013]. [en línea] [ref. de 06 enero 2013]. Disponible en Web: <<http://www.elmundo.es/elmundo/2007/11/26/ciencia/1196099404.html>>.

- VITRUVIO. *"Los diez libros de Arquitectura"*. Traducido por: José Luis Oliver Domingo. Ed. Alianza Forma, 1995. Madrid. ISBN: 84-206-7133-9.

- VITRUVIO. *"Los diez libros de la Architectura de M. Vitruvio Polión"*. Traducido y comentado por: Joseph Ortiz y Sanz. Imprenta real, 1787. Madrid. Primera edición de la traducción: 1987. Ed. Alta Fulla. Barcelona. ISBN: 84-86556-34-1.

- WALLERT, A. et al. *"Fragments of roman wall painting in the J. Paul Getty Museum: a preliminary technical investigation"*. En: BÉARAT, H. et al. *"Roman Wall Painting: Materials, Techniques, Analysis and Conservation. Proceedings of the International Workshop. Fribourg 7-9 March, 1996"*. Ed. Instituto of Minareralogy and Petrography, Fribourg. 1997. ISBN 2-9700132-0-7.

- ZALBIDEA MUÑOZ, M^a Antonia. *"Taller de pintura mural 2"*. [Apuntes sin editar de la asignatura: Taller 1 de conservació i restauració de Bens Culturals]. Universidad Politécnica de Valencia. Diciembre, 2012. [s.p.].

- ZALBIDEA MUÑOZ, M^a Antonia. *"Tema 3: componentes de las pinturas murales. Inertes o áridos"*. [Apuntes sin editar de la asignatura: Proyectos I]. Universidad Politécnica de Valencia. 2008-09. [s.p.].

- ZINCONE, Paola. *"Un ensayo de mínima intervención en la aplicación de nuevo soporte en pintura mural"*. [Trabajo final de Máster inédito]. Máster Restauración & Conservación de Bienes Culturales. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, 2012.

8. Agradecimientos



8. Agradecimientos

Quiero agradecer enormemente a todo el mundo que ha aportado, de alguna manera, su granito de arena para que este Trabajo Final de Máster saliese adelante:

A mis padres, que sin su ayuda y apoyo no habría sido posible llegar hasta aquí. Y a toda mi familia, por interesarse siempre y animarme en mis decisiones.

A mis amigos, Cristian, Ana y Sofi, que claramente han sido uno de los pilares de este trabajo. Su ayuda y consejo, su paciencia para soportarme y, sobre todo, su amistad han sido puntos clave para mí en el desarrollo de dicho trabajo y en general. Y espero que lo sigan siendo.

A Mara Peirò, que quizás ella no lo sabe, pero su aportación ha sido muy importante. Sin sus consejos prácticos no habría sido capaz de entender muchos comportamientos de los sistemas de anclaje. Su ayuda igualmente desinteresada hace que no pierda la ilusión en formar parte, algún día, del mundo de profesionales de la restauración.

A Stephan Kröner, que tanta paciencia tuvo conmigo en los ensayos granulométricos.

A Sahara, Martina y Carmen que han sido comprensivas en todo momento.

A Cris, a Julia, a Irene, a karla, a Tanja que hemos pasado ratos de agobio entre risas.

A Giuli, por su ayuda con las gráficas y su compañía.

A Luci por su traducción.

A Maite Moltó y Juan Valcárcel, por haber atendido a mis peticiones y por facilitarme el acceso al laboratorio de fotografía.

A Víctor J. Sánchez Morillo, del Departamento de Física Aplicada de la U.P. V., por aclararme ciertos aspectos técnicos sobre los imanes.

A todos mis compañeros de Máster que, el que más y el que menos, me ha ayudado en muchos sentidos; y en especial a Enrique, Antonio y Marta, con los que he pasado momentos muy buenos de “biblioteca máxima”.

A todos y cada uno de los componentes del proyecto de investigación *FORVM MMX*, y en especial a M^a Paz por su paciencia, su ayuda desinteresada y su constante disponibilidad; a Marcelo Castro, por haberme facilitado información esencial sobre las investigaciones del proyecto y por haber sido tan constante y paciente conmigo; a Yolanda, por haber intercambiado y valorado conmigo opiniones e impresiones tratándome como una más.

A Tona por haber sacado tiempo de donde no lo había, por mostrarse disponible

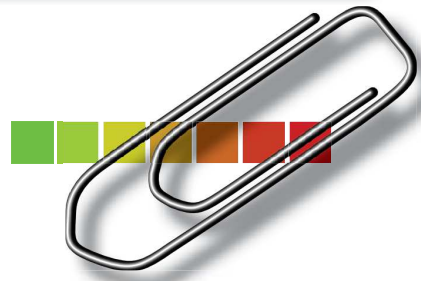
y accesible (incluso en la distancia y hasta en horarios no muy adecuados) y por hacer de este trato profesor-alumno, una relación más humana. Es así como aprendemos todos de todos.

A Pilar, por mostrarse igualmente accesible y por saber guiarme, con paciencia, y entenderme en momentos en los que me he sentido un poco perdida.

A las personas que confían en mí.

Sin vosotros no hubiera sido posible. Gracias a todos.

9. Anexos



Anexo 1

**INFORME DEL ESTUDIO ESTRATIGRÁFICO
DE LOS ESTUCOS DE CÁSTULO**



Valencia, 16 de abril de 2013

Sumario

1. Muestras.	105
2. Objetivos.	105
3. Metodología.	105
4. Resultados y conclusiones.	105
4.4. Fotografías.	107

1. Muestras

Para el estudio estratigráfico contamos con 9 muestras de fragmentos de estuco, de los cuales hemos podido observar la división de estratos preparatorios en siete de ellos. Mientras que, en las dos muestras restantes, nos ha resultado imposible su identificación. El fragmento E-4 presenta una argamasa de mortero demasiado disgregada y poco definida. De hecho, en los estudios de granulometría realizados, hemos corroborado que la dosificación de árido es bastante mayor que la de la cal (en torno al 1:4). Por otro lado, la muestra E-6 se presentaba con un tamaño muy reducido. Posiblemente haya perdido gran parte del mortero en los procesos de extracción in situ o traslado, por los traumas mecánicos a los que se ven sometidas las obras en este tipo de procedimientos.

2. Objetivos

El objetivo de este estudio es el reconocimiento de las diferentes capas de mortero preparatorias para poder conocer la técnica de ejecución de las pinturas murales de Cástulo.

3. Metodología

Para llevar a cabo este estudio, hemos utilizado un microscopio Leica S8 APO con una magnificación estándar de 10x - 80x. De igual modo ha sido necesaria, para la toma de fotografías, una cámara réflex Nikon D5100 a la que se le han acoplado tres lentes de aumento Kenko closed de 52 mm cada una.

Una vez localizados los estratos mediante examen organoléptico visual y con la ayuda de microscopía óptica; se ha procedido a su fotografiado para, posteriormente, y mediante un software de diseño asistido como el AutoCad, medir el grosor a escala real de cada uno de los estratos preparatorios.

4. Resultados y conclusiones

El resultado de este estudio ha sido la constatación de un máximo de 3 estratos en la mayor parte de los fragmentos-muestra. De los cuales, varían mucho los grosores. Teniendo, en algunos fragmentos, solamente un grosor total de 30 mm aproximadamente, mientras que otros fragmentos casi alcanzan los 100 mm. Según esto, podemos decir que la estratificación del mortero se compone de:

- un intonaco: preparación
- dos arriccios: mortero preparatorio y mortero de nivelación.

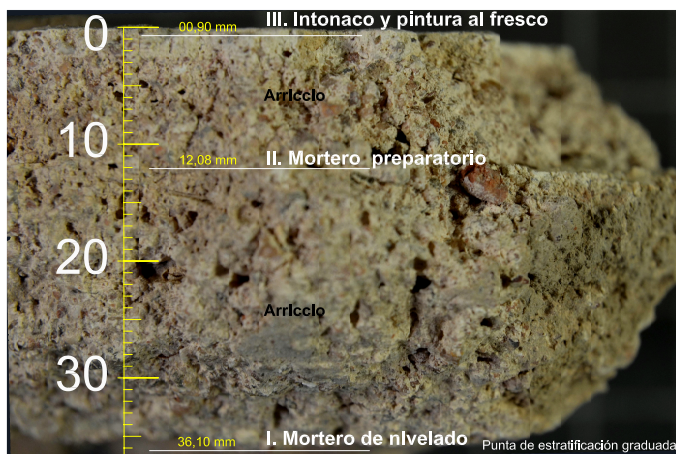
4.4. Fotografías:



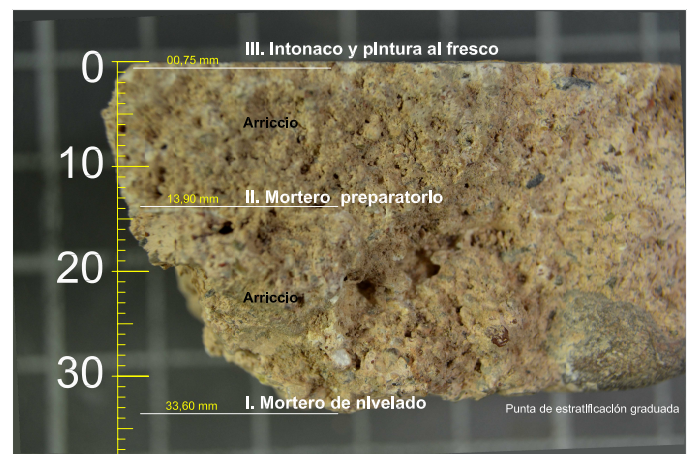
Fragmento E-1.



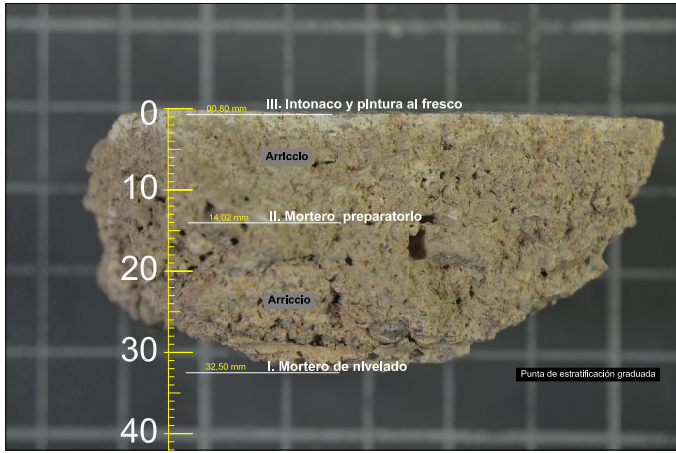
Fragmento E-2.



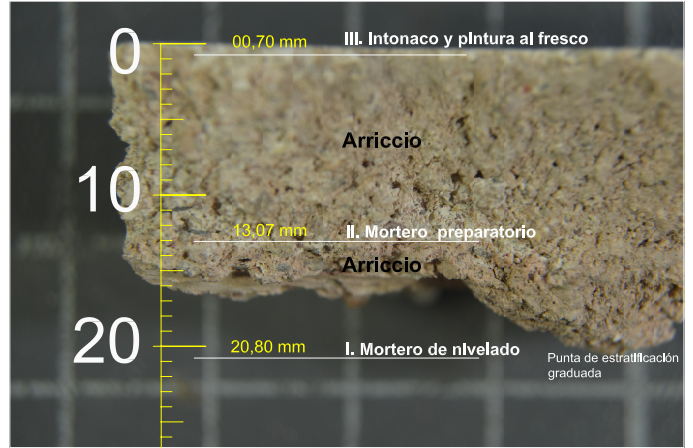
Fragmento E-3.



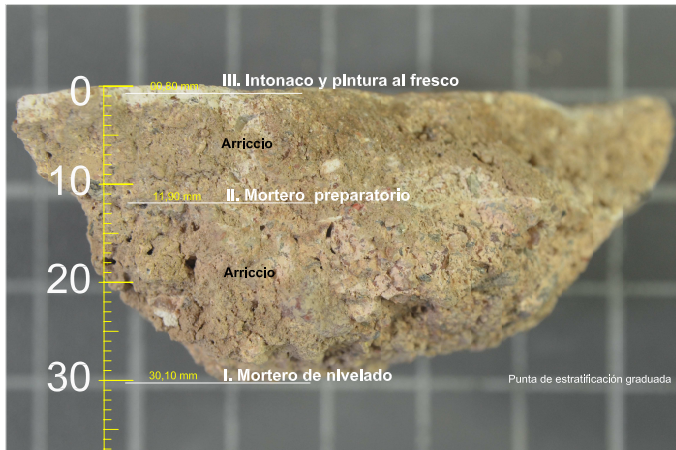
Fragmento E-5.



Fragmento E-7.



Fragmento E-8.



Fragmento E-9.

Anexo 2

INFORME DEL
ESTUDIO GRANULOMÉTRICO
DE LOS ESTUCOS DE CÁSTULO



Valencia, 07 de junio de 2013

Sumario

1. Muestras.	113
2. Objetivos.	113
3. Metodología.	113
4. Resultados.	114
4.1. Ensayo de caracterización de morteros.	
4.2. Fichas técnicas de los análisis granulométricos	
5. Conclusiones.	130
6. Definiciones.	131

1. Muestras

Para la caracterización de los morteros se han realizado unos análisis granulométricos a diferentes muestras facilitadas por el proyecto "FORVM MMX". En total disponemos de nueve muestras de las cuales hemos llevado a cabo este estudio solamente sobre siete de ellas (E-1, E-2, E-3, E-4, E-7, E-8 y E-9). Las dos restantes (E-5 y E-6) se han estimado "muestras-testigo", ya que se trata de piezas significativas con un alto valor científico por su riqueza policroma de capas superpuestas, que bien podrían estudiarse en un futuro con una mayor profundidad para investigar más datos sobre la técnica de ejecución pictórica.

2. Objetivos

El presente estudio pretende determinar la distribución granulométrica, así como la dosificación del árido y el conglomerante. Conocer estos datos es muy importante a la hora de confeccionar un nuevo mortero de restauración. Información muy pertinente si decidimos emplear morteros tradicionales de restauración (no comerciales) para la solución expositiva final de las pinturas murales.

3. Metodología

Antes de proceder al tamizado, se ha efectuado la disgregación de la muestra de argamasa aglomerada. Después, se ha vertido la carga resultante en una columna de tamices normalizados¹ (ver fig. 1), ensamblados en orden decreciente de tamaño de luces; de manera que se pueda determinar las diferentes fracciones granulométricas del árido y del conglomerante, por el porcentaje de árido que pasa y se va acumulando en los diferentes tamices.

La operación de caracterización por separado se ha realizado mediante agitación manual durante dos minutos aproximadamente. Por regla general, se considera ligante lo que queda atrapado hasta el tamiz con luz, 0.250 mm., mientras que los valores por encima de éste se consideran árido. Y según el tamaño de las partículas de árido, podremos caracterizarlo como:

- grava (partículas entre 60 mm y 2 mm).
- arena (partículas entre 2 mm y 60 μ m).
- limo (partículas entre 60 μ m y 2 μ m).



Fig. 1. Pila de tamices de ensayo normalizados.

¹ El cribado se ha realizado directamente en vía seca tal cual se encontraba la muestra de ensayo.

- arcilla (partículas inferiores a 2 μm).

4. Resultados

4.1. Ensayo de caracterización de morteros

Para proceder a los ensayos de caracterización de las argamasas, se han considerado las recomendaciones de la vigente normativa española² UNE-EN 933-1, 2, que explica cómo debe efectuarse el ensayo, así como el cálculo y representación de los resultados de éste.

Los ensayos físicos han sido realizados en el I.R.P. (Instituto de Restauración de Patrimonio de la Universitat Politècnica de València), en el Laboratorio de Materiales Pétreos y bajo la supervisión del Dr. Stephan Kröner³. Los tamices de ensayo empleados, son tamices certificados por la normativa internacional⁴ ISO 3310-1: 2000, que se corresponde con la normativa española⁵ UNE 7050-3:1997. Dichos cedazos de laboratorio constan de mallas con una apertura de luz⁶ de:

2,5 mm. - 1 mm. - 0,8 mm. - 0,25 mm. - 0,125 mm. - 0,1 mm. - 0,08 mm. - 0.063 mm.

² AENOR. "Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte I: Determinación de la granulometría de las partículas. Método del tamizado; Parte II: Determinación de la granulometría de las partículas. Tamices de ensayo, tamaño nominal de las aperturas".


³ Doctor en Geología por la Johannes Gutenberg - Universität Mainz (Alemania). En la actualidad, es técnico-superior en el Laboratorio de Materiales Pétreos en el I.R.P. (Instituto de Restauración de Patrimonio) de la Universitat Politècnica de València a cargo de la Dra. M^aTeresa Doménech Carbó. Es especialista en la caracterización y evaluación de piedras naturales, morteros y cerámicas. Antes de incorporarse al I.R.P., en el año 2007, trabajó como geólogo estructural y geoquímico en Suiza y Namibia.

⁴ ISO. "Test sieves. Technical requirements and testing. Part I: Test sieves of metal wire cloth".

⁵ AENOR. "Tamices y tamizado de ensayo. Parte III: Exigencias técnicas y verificaciones de los tamices de ensayo de tela metálica".

⁶ Véase apartado: definiciones.

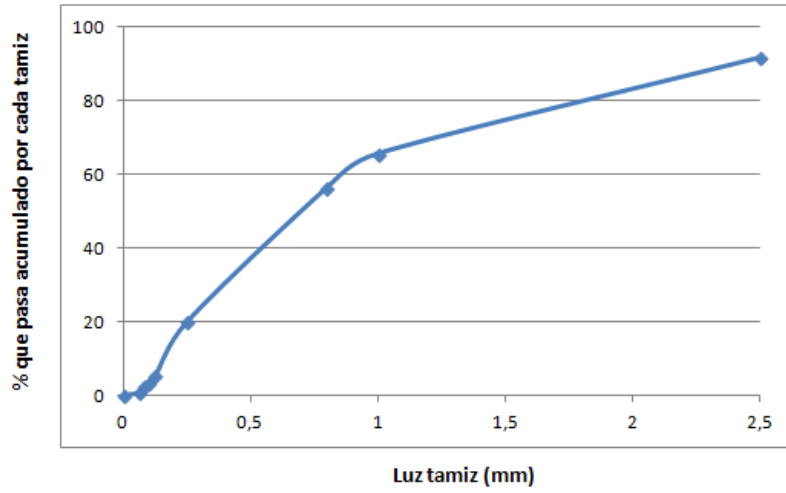
4.2. Fichas técnicas de los análisis granulométricos

Granulometría de las partículas Método del tamizado de la Norma EN 933-1		Laboratorio: I.R.P.
	Siglado de la muestra: E-1	Fecha de realización de los análisis: 07/06/2013
	Técnico: Irene Calabria Salvador	
Método utilizado: tamizado en vía seca		

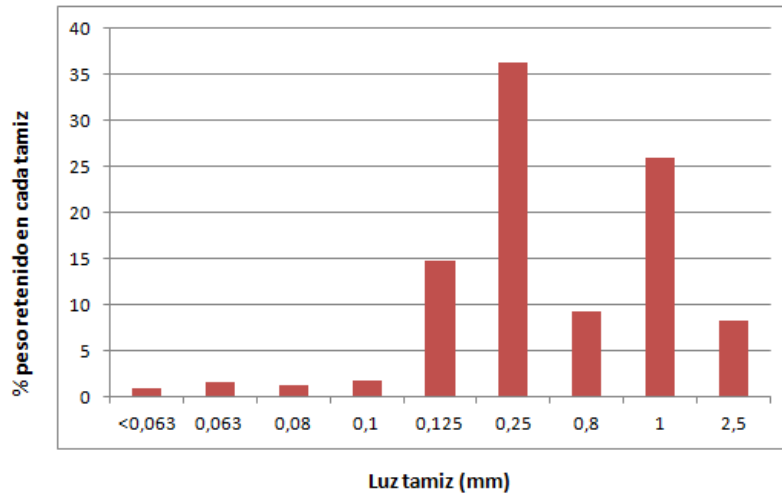
Total masa seca de la muestra: 98,4 gr.					
Tamiz luz (mm)	Peso retenido (g)	Retenido (%)		Pasa Acumulado (%)	
		Parcial	Acumulado		
2,5	8,12	8,3	8,3	91,7	
1	25,63	26,0	34,3	65,7	
0,8	9,08	9,2	43,6	56,5	
0,25	35,75	36,3	79,9	20,1	
0,125	14,53	14,8	94,7	5,4	
0,1	1,65	1,7	96,3	3,7	
0,08	1,18	1,2	97,5	2,5	
0,063	1,56	1,6	99,1	0,9	
<0,063	0,9	0,9	100,0	0,0	

* La zona sombreada corresponde a la fracción considerada como árido.

Curva de distribución granulométrica




Porcentaje de peso retenido por cada tamiz



Proporción árido-ligante resultante: 3:1.

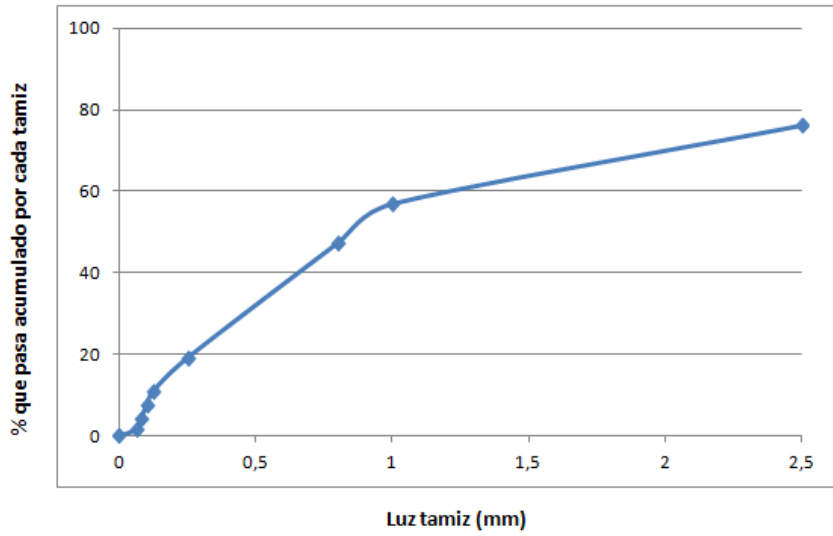
El mayor porcentaje queda retenido en el tamiz con luz de malla 0,25 mm.

Granulometría de las partículas Método del tamizado de la Norma EN 933-1		Laboratorio: I.R.P.
	Siglado de la muestra: E-2	Fecha de realización de los análisis: 07/06/2013
	Técnico: Irene Calabria Salvador	
Método utilizado: tamizado en vía seca		

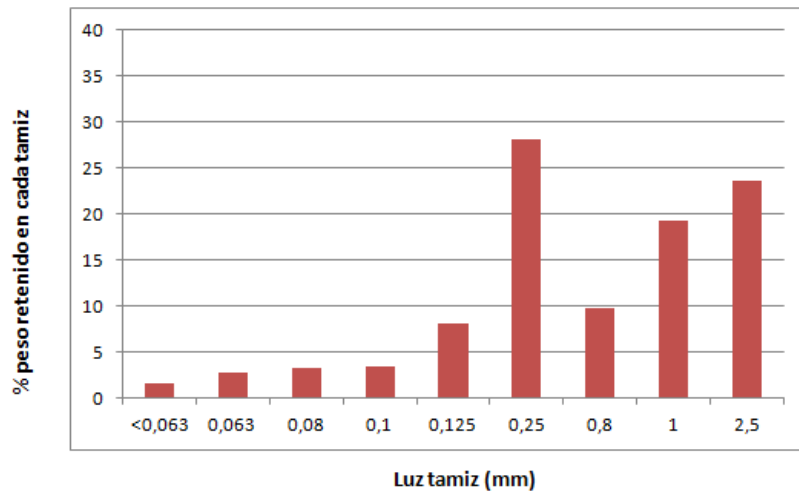
Total masa seca de la muestra: 65,02 gr.					
Tamiz luz (mm)	Peso retenido (g)	Retenido (%)		Pasa Acumulado (%)	
		Parcial	Acumulado		
2,5	15,4	23,7	23,7	76,3	
1	12,53	19,3	43,0	57,0	
0,8	6,3	9,7	52,6	47,4	
0,25	18,28	28,1	80,8	19,2	
0,125	5,27	8,1	88,9	11,1	
0,1	2,28	3,5	92,4	7,6	
0,08	2,13	3,3	95,6	4,4	
0,063	1,77	2,7	98,4	1,6	
<0,063	1,06	1,6	100,0	0,0	

* La zona sombreada corresponde a la fracción considerada como árido.
 La zona no sombreada corresponde a la fracción considerada como ligante.

Curva de distribución granulométrica




Porcentaje de peso retenido por cada tamiz



Proporción árido-ligante resultante: 3:1.

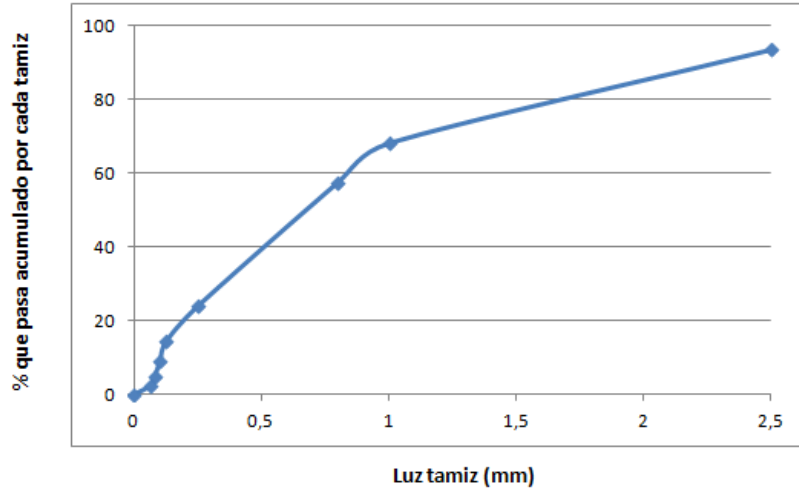
El mayor porcentaje queda retenido en el tamiz con luz de malla 0,25 mm.

Granulometría de las partículas Método del tamizado de la Norma EN 933-1		Laboratorio: I.R.P.
	Siglado de la muestra: E-3	Fecha de realización de los análisis: 07/06/2013
		Técnico: Irene Calabria Salvador
Método utilizado: tamizado en vía seca		

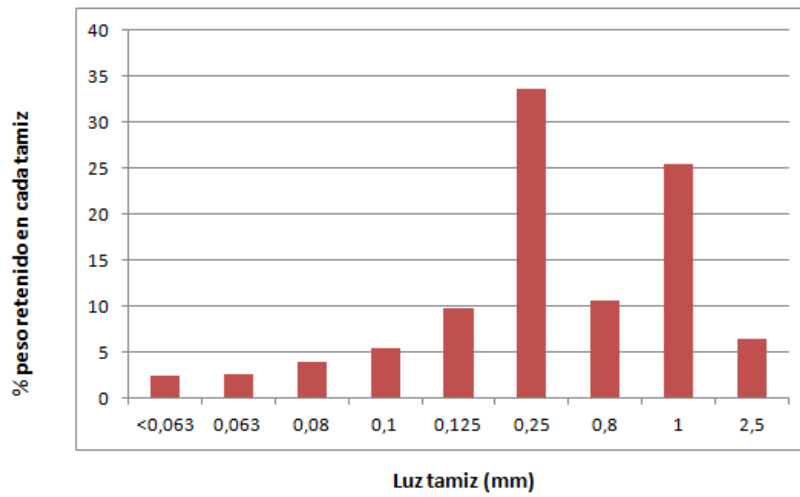
Total masa seca de la muestra: 47,77 gr.				
Tamiz luz (mm)	Peso retenido (g)	Retenido (%)		Pasa Acumulado (%)
		Parcial	Acumulado	
2,5	3,07	6,4	6,4	93,6
1	12,12	25,4	31,8	68,2
0,8	5,08	10,6	42,4	57,6
0,25	16,03	33,6	76,0	24,0
0,125	4,61	9,7	85,6	14,4
0,1	2,58	5,4	91,0	9,0
0,08	1,9	4,0	95,0	5,0
0,063	1,23	2,6	97,6	2,4
<0,063	1,15	2,4	100,0	0,0

* La zona sombreada corresponde a la fracción considerada como árido.
La zona no sombreada corresponde a la fracción considerada como ligante.

Curva de distribución granulométrica



Porcentaje de peso retenido por cada tamiz



Proporción árido-ligante resultante: 3:1.

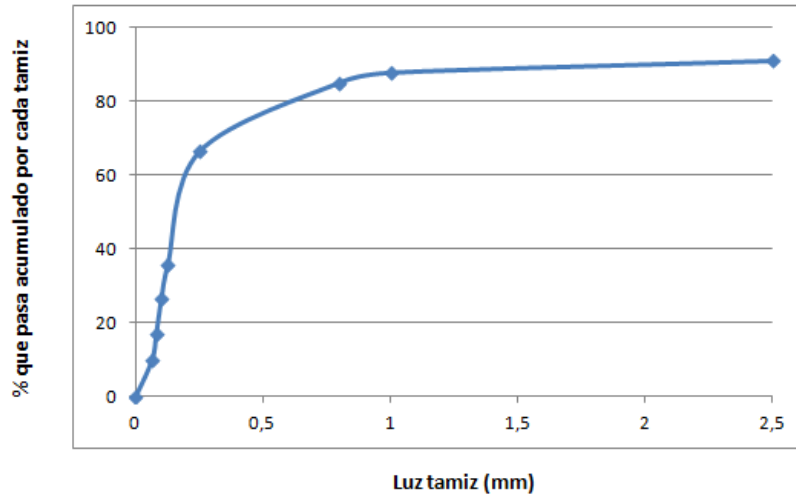
El mayor porcentaje queda retenido en el tamiz con luz de malla 0,25 mm.

Granulometría de las partículas Método del tamizado de la Norma EN 933-1		Laboratorio: I.R.P.
	Siglado de la muestra: E-4	Fecha de realización de los análisis: 07/06/2013
	Técnico: Irene Calabria Salvador	
Método utilizado: tamizado en vía seca		

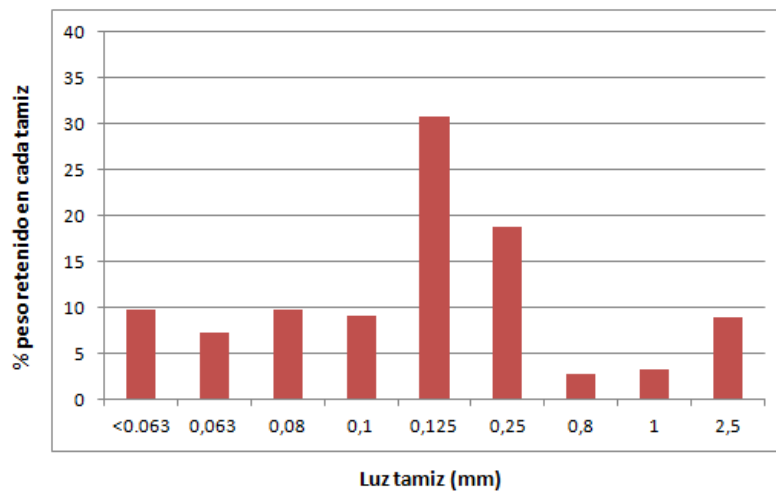
Total masa seca de la muestra: 62,67 gr.					
Tamiz luz (mm)	Peso retenido (g)	Retenido (%)		Pasa Acumulado (%)	
		Parcial	Acumulado		
2,5	5,55	8,9	8,9	91,1	
1	2,03	3,2	12,1	87,9	
0,8	1,68	2,7	14,8	85,2	
0,25	11,71	18,7	33,5	66,5	
0,125	19,31	30,8	64,3	35,7	
0,1	5,68	9,1	73,3	26,7	
0,08	6,06	9,7	83,0	17,0	
0,063	4,51	7,2	90,2	9,8	
<0,063	6,14	9,8	100,0	0,0	

* La zona sombreada corresponde a la fracción considerada como árido.
 La zona no sombreada corresponde a la fracción considerada como ligante.

Curva de distribución granulométrica



Porcentaje de peso retenido por cada tamiz



Proporción árido-ligante resultante: 4:1.

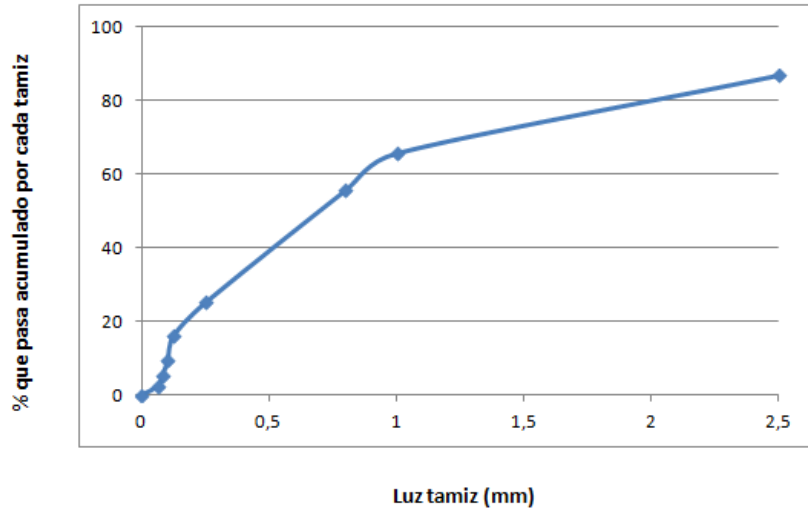
El mayor porcentaje queda retenido en el tamiz con luz de malla 0,125 mm.

Granulometría de las partículas Método del tamizado de la Norma EN 933-1		Laboratorio: I.R.P.
	Siglado de la muestra: E-7	Fecha de realización de los análisis: 07/06/2013
		Técnico: Irene Calabria Salvador
Método utilizado: tamizado en vía seca		

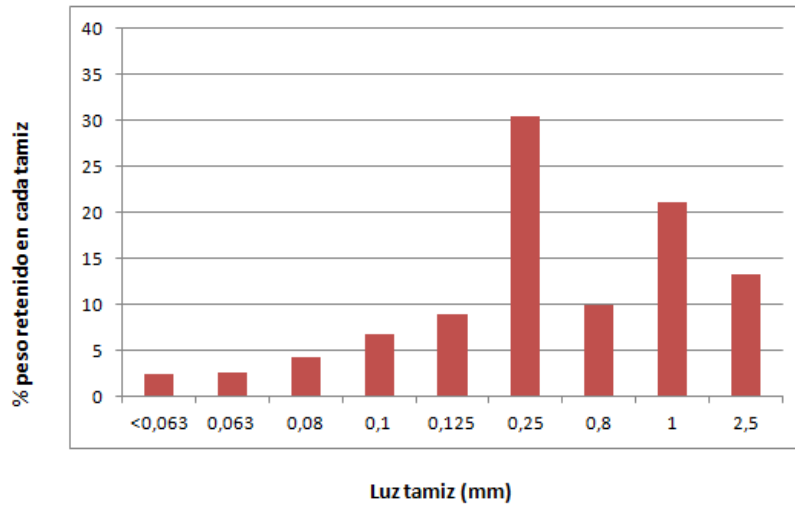
Total masa seca de la muestra: 36,09 gr.					
Tamiz luz (mm)	Peso retenido (g)	Retenido (%)		Pasa Acumulado (%)	
		Parcial	Acumulado		
2,5	4,78	13,2	13,2	86,8	
1	7,63	21,1	34,4	65,6	
0,8	3,61	10,0	44,4	55,6	
0,25	11,02	30,5	74,9	25,1	
0,125	3,22	8,9	83,8	16,2	
0,1	2,44	6,8	90,6	9,4	
0,08	1,53	4,2	94,8	5,2	
0,063	0,94	2,6	97,5	2,5	
<0,063	0,92	2,5	100,0	0,0	

* La zona sombreada corresponde a la fracción considerada como árido.
 La zona no sombreada corresponde a la fracción considerada como ligante.

Curva de distribución granulométrica



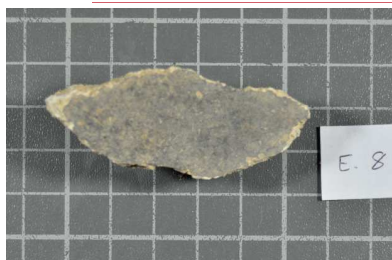
Porcentaje de peso retenido por cada tamiz



Proporción árido-ligante resultante: 3:1.

El mayor porcentaje queda retenido en el tamiz con luz de malla 0,25 mm.

Granulometría de las partículas
Método del tamizado de la Norma EN 933-1



Siglado de la muestra:
E-8

Laboratorio:
I.R.P.

Fecha de realización de los análisis:
07/06/2013

Técnico:
Irene Calabria Salvador

Método utilizado: tamizado en vía seca

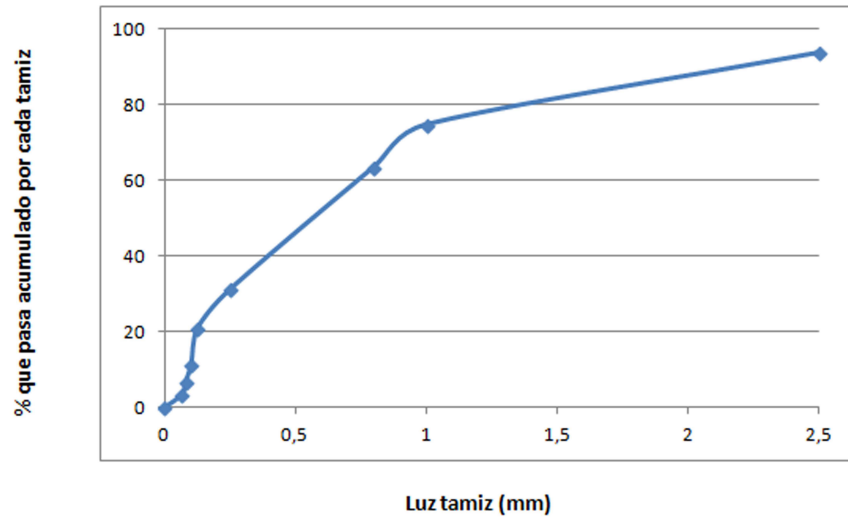
Total masa seca de la muestra: 20,17 gr.

Tamiz luz (mm)	Peso retenido (g)	Retenido (%)		Pasa Acumulado (%)
		Parcial	Acumulado	
2,5	1,25	6,2	6,2	93,8
1	3,84	19,0	25,2	74,8
0,8	2,24	11,1	36,3	63,7
0,25	6,52	32,3	68,7	31,3
0,125	2,09	10,4	79,0	21,0
0,1	1,91	9,5	88,5	11,5
0,08	0,91	4,5	93,0	7,0
0,063	0,73	3,6	96,6	3,4
<0,063	0,68	3,4	100,0	0,0

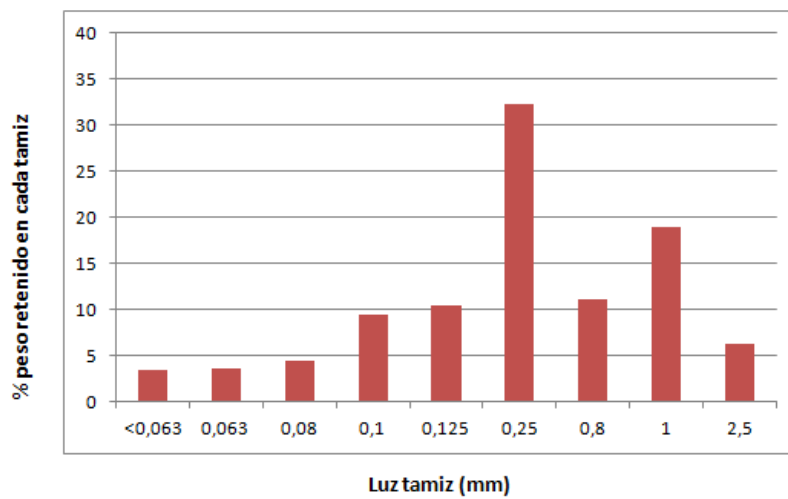
* La zona sombreada corresponde a la fracción considerada como árido.

La zona no sombreada corresponde a la fracción considerada como ligante.

Curva de distribución granulométrica

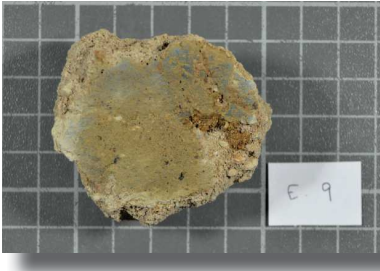


Porcentaje de peso retenido por cada tamiz



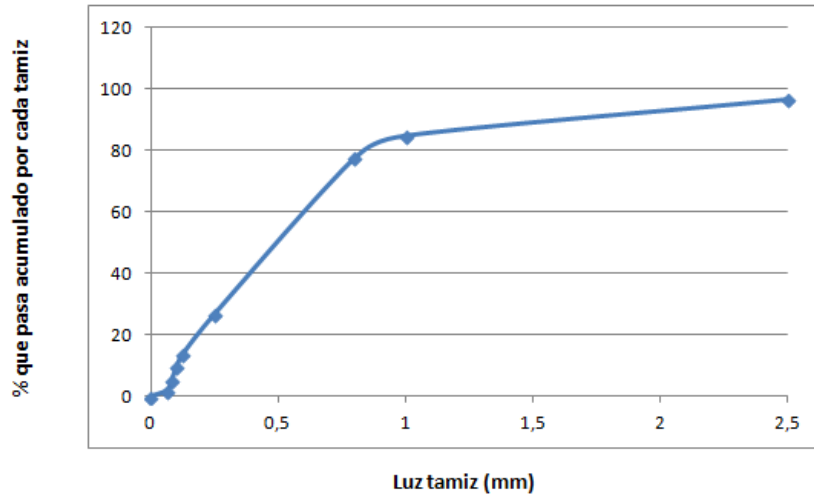
Proporción árido-ligante resultante: 3:1.

El mayor porcentaje queda retenido en el tamiz con luz de malla 0,25 mm.

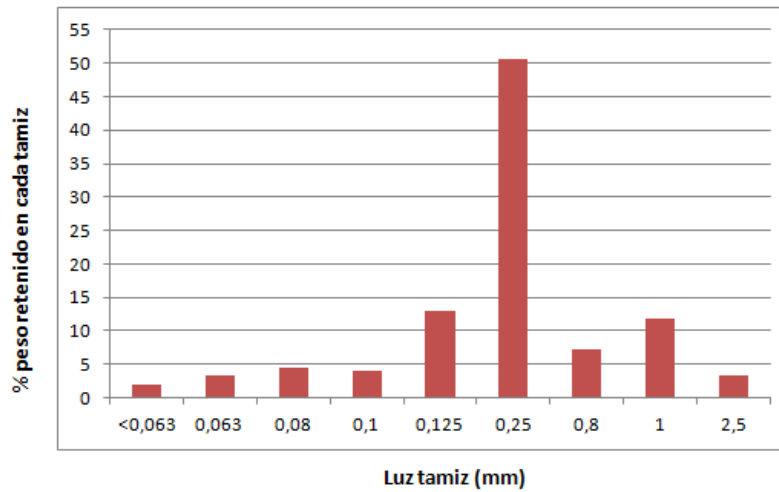
Granulometría de las partículas Método del tamizado de la Norma EN 933-1		Laboratorio: I.R.P.
	Siglado de la muestra: E-9	Fecha de realización de los análisis: 07/06/2013
		Técnico: Irene Calabria Salvador
Método utilizado: tamizado en vía seca		

Total masa seca de la muestra: 53,63 gr.					
Tamiz luz (mm)	Peso retenido (g)	Retenido (%)		Pasa Acumulado (%)	
		Parcial	Acumulado		
2,5	1,85	3,4	3,4	96,6	
1	6,32	11,8	15,2	84,8	
0,8	3,84	7,2	22,4	77,6	
0,25	27,19	50,7	73,1	26,9	
0,125	6,98	13,0	86,1	13,9	
0,1	2,2	4,1	90,2	9,8	
0,08	2,43	4,5	94,7	5,3	
0,063	1,77	3,3	98,0	2,0	
<0,063	1,05	2,0	100,0	0,0	
<small>* La zona sombreada corresponde a la fracción considerada como árido. La zona no sombreada corresponde a la fracción considerada como ligante.</small>					

Curva de distribución granulométrica



Porcentaje de peso retenido por cada tamiz



Proporción árido-ligante resultante: 3:1.

El mayor porcentaje queda retenido en el tamiz con luz de malla 0,25 mm.

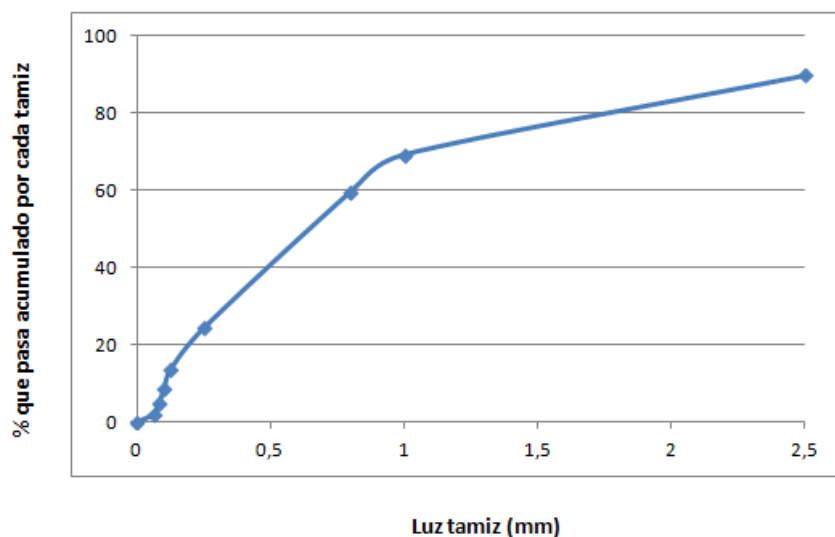
Una vez obtenidos todos los resultados de cada una de las muestras por separado, se ha calculado la **media aritmética** de todos ellos (excepto el fragmento E-7) para estimar, de manera global, el promedio de árido-ligante y la cantidad que quedaría retenida en los tamices, según el tamaño de partícula. Podemos observar los datos concluyentes en la siguiente tabla y gráficas:

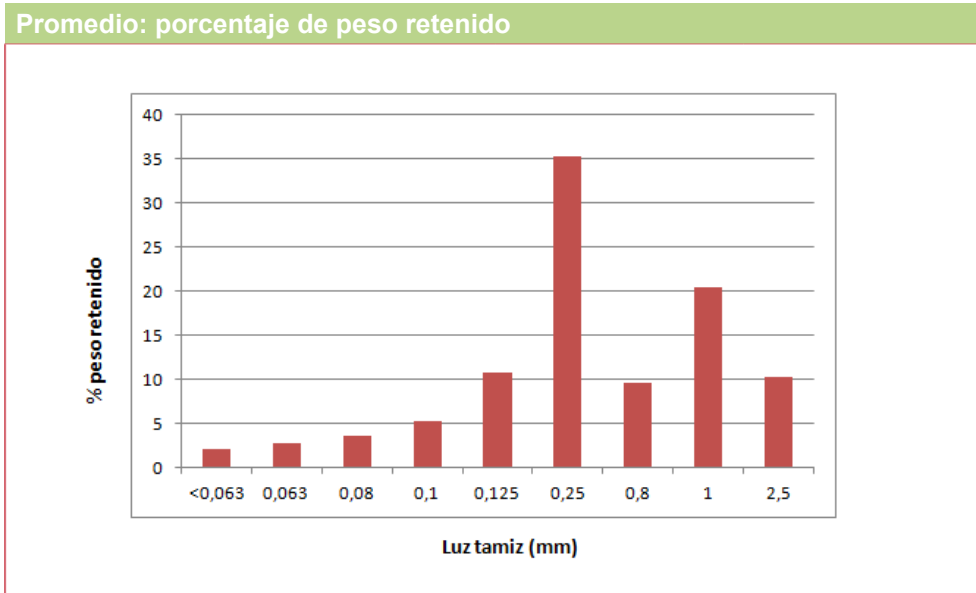
Promedio de la distribución granulométrica de las muestras E-1, E-2, E-3, E-7, E-8, y E-9.

Tamiz luz (mm)	Retenido (%)		Pasa Acumulado (%)
	Parcial	Acumulado	
2,5	10,2	10,2	89,8
1	20,4	30,6	69,4
0,8	9,6	40,2	59,8
0,25	35,3	75,5	24,5
0,125	10,8	86,3	13,7
0,1	5,2	91,5	8,5
0,08	3,6	95,1	4,9
0,063	2,7	97,8	2,2
<0,063	2,2	100	0

* La zona sombreada corresponde a la fracción considerada como árido.
La zona no sombreada corresponde a la fracción considerada como ligante.

Promedio: curva de distribución granulométrica





Proporción árido-ligante resultante: 3:1.
 El mayor porcentaje queda retenido en el tamiz con luz de malla 0,25 mm.

5. Conclusiones

Hemos comprobado que las muestras analizadas contienen la proporción recomendada de árido:ligante [3:1]. Excluyendo la muestra correspondiente al fragmento E-4, que contiene una proporción mayor de árido en relación con el ligante [4:1]. Efectivamente observamos que este fragmento está compuesto de un mortero bastante descohesionado de manera generalizada; incluyendo la capa pictórica que muestra una superficie bastante irregular y muy pulverulenta. Al microscopio (ver fig. 2) podemos observar el grado de descohesión de la argamasa del fragmento.



Fig. 2. a. Fotografía al microscopio óptico 1.3x; b. Fotografía del fragmento E-4. (CALABRIA, 2013).

6. Definiciones

Para entender la interpretación de los resultados, es necesario facilitar la comprensión de la terminología relativa al análisis realizado:

- **Granulometría:** distribución granulométrica de las partículas, expresada como el porcentaje en masa que pasa a través de unos tamices de dimensiones específicas.
- **Luz del tamiz,** expresado en milímetros: dimensión característica de una abertura del medio tamizante.
- **Curva de distribución granulométrica:** representación gráfica de los resultados de un análisis granulométrico.
- **Barras apiladas de peso retenido por cada tamiz:** representación gráfica del porcentaje en peso retenido en cada tamiz. Esta gráfica es un simple apoyo para entender mejor la curva granulométrica. Sirve de método corroborativo.
- **Peso retenido,** expresado en gramos: peso del árido que queda retenido en un tamiz con una luz determinada. El tamaño de partícula que queda atrapado en este tamiz siempre será igual o mayor a su luz.
- **Retenido parcial,** expresado en %: porcentaje que se obtiene de la relación entre el peso retenido y el peso total de la muestra analizada.
- **Retenido acumulado,** expresado en %: cálculo del peso acumulado en cada uno de los tamices si no existiese el tamiz superior (con luz mayor). Según esta lógica, la cantidad del último tamiz (el de menor luz) nos debería dar un resultado del 100%.
- **Peso acumulado,** expresado en %: diferencia entre el 100% y el porcentaje retenido acumulado. El resultado que se obtiene es la cantidad, en tanto por ciento, de árido que consigue pasar por cada una de las cribas.

Anexo 3

INFORME DEL ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE
LOS IMANES EN AMBIENTE ÁCIDO, BÁSICO
Y AGENTES DE EROSIÓN



Valencia, Mayo-junio de 2013

Sumario

1. Muestras.	137
2. Objetivos.	137
3. Metodología.	137
4. Resultados.	138
4.1. Ensayo 1: sustancia básica.	
4.2. Ensayo 2: sustancia ácida.	
4.3. Ensayo 3: microabrasión.	
4.4. Fotografías	
5. Conclusiones.	145

1. Muestras

Las piezas magnéticas a las cuales realizaremos estas pruebas están compuestas básicamente por dos tipos de materiales:

El primero, se conoce como **imán de Neodimio** (aunque no solamente está compuesto por este elemento sino que se trata de una aleación de neodimio, hierro y boro), el cual viene ya provisto de un revestimiento de níquel-cobre-níquel encargado de protegerlo frente a la corrosión. Mientras que el segundo, de **Ferrita de Estroncio**, se comercializan directamente en bruto.

En total, hemos sometido once muestras a estas pruebas, dejando otras dos como “muestra-testigo” (ver Fig. 1 y 2), a las cuales no se les ha realizado ningún tipo de ensayo. De esta manera, ha sido posible controlar, en todo momento, el comportamiento de cada pieza magnética.



Fig. 1. Microscopio, 75x. Muestra-testigo neodimio. (CALABRIA, 2013)



Fig. 2. Microscopio, 75x. Muestra-testigo ferrita. (CALABRIA, 2013)

2. Objetivos

Los técnicos de la empresa SUPERMAGNETE (distribuidora de imanes), ya nos indicaron que los imanes de Neodimio no son muy resistentes en exteriores y que, por el contrario, los imanes Ferrita de Estroncio sí lo son. Aunque no especifican el grado de deterioro y cuáles agentes afectan en mayor o menor medida a cada uno de los imanes. Por este motivo, el objetivo del estudio es poder calibrar o medir la resistencia de los imanes de Ferrita y Neodimio ante la corrosión en diferentes ambientes y la erosión mecánica.

3. Metodología

Previamente a la realización de este tipo de ensayos, hemos tomado muestras de tierra procedentes de tres zonas diferentes del entorno geográfico del yacimiento arqueológico de Cástulo, para comprobar así su pH (ver Fig. 3, 4 y 5). Y hemos constatado que se trata de un pH ligeramente básico (entorno a un 8 ó 9).

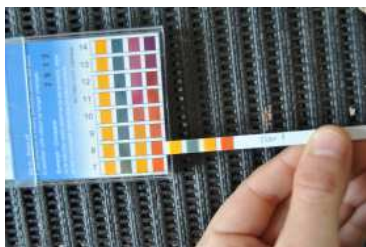


Fig. 3. Test 1: pH 8. (CALABRIA, 2013)



Fig. 4. Test 2: pH 8. (CALABRIA, 2013)



Fig. 5. Test 2: pH 8-9. (CALABRIA, 2013)

Una vez realizados estos test previos, hemos procedido a efectuar el ensayo sobre los imanes. Conociendo el pH de la zona, hemos estimado oportuno constatar qué sucede con los imanes expuestos a ambientes alcalinos; aunque también hemos considerado interesante realizar ensayos con soluciones ácidas y con agentes de erosión para conocer la respuesta de los imanes en el caso que se produjesen dichos ataques.

4. Resultados

Para proceder a experimentar con estos imanes, los hemos sumergido en diferentes vasos de precipitado durante 21 días. Realizando controles periódicos cada 7 días.

4.1. Ensayo 1: sustancia básica

La sustancia elegida para el experimento ha sido el hidróxido de calcio o agua-cal (pH 10-11).

4.2. Ensayo 2: sustancia ácida.

Para los ensayos con ácido hemos elegido un ácido no muy fuerte como el acético, rebajado al 10%. Aún así, su pH ha resultado ser demasiado ácido (pH 4) y reaccionaba de forma muy rápida con el imán de Neodimio, de manera que, en este tipo de imán, se ha experimentado también con ácido a menores concentraciones, 6% y 3% (pH 5- 5,5 respectivamente).

4.3. Ensayo 3: microabrasión.

Para los ensayos de erosión se han realizado proyecciones de silicato de alu-

minio (8 en escala de Mohs) imitando a la arena de sílice (7 en escala de Mohs). Para ejecutar estas proyecciones hemos utilizado un microabrasímetro modelo nº 5 comercializado por la casa C.T.S.; proyectando la alúmina a una distancia entre 25 y 30 cm, con un flujo relativamente constante y una presión de 1,5 bares (20 p.s.i.).

Como hemos comentado, los imanes de Neodimio vienen ya provistos de un revestimiento de níquel-cobre-níquel que los protege frente a la corrosión y frente a los ataques erosivos externos. Este no es el caso de los imanes de Ferrita de Estroncio que se comercializa sin ningún tipo de revestimiento. De modo que, las piezas magnéticas de Ferrita de Estroncio sometidas a estos ensayos de microabrasión, han sido revestidas con diferentes resinas de naturaleza acrílica para comprobar su resistencia a este tipo de abrasivos. Entre estas resinas, se ha escogido para el revestimiento un Acril 33 al 10% y al 15% en agua, y un Paraloid B72 a iguales concentraciones en acetona¹, sobre todo, por indicaciones como la resistencia a agentes externos que podemos leer en las respectivas fichas técnicas de dichos productos.

El Paraloid B72 es un Etilmetacrilato-Metilacrilato [7:3] considerado uno de los productos Clase A según la clasificación de Feller. Es por esto que también es uno de los productos más utilizados en el mercado de la restauración². En general, viene a ser utilizado en muchas operaciones de restauración, pero también sobre metales como adhesivo, consolidante, film protector o estrato de intervención en reconstrucción de lagunas. Por su disolubilidad en disolventes no polares, es óptimo en su empleo en metales³.

Mientras que, el Acril 33 es un Etilacrilato-Metilmacrilato⁴ que no se recomienda en intervenciones de metales arqueológicos por su carácter polar. En este estudio, sin embargo, hemos hecho uso de él para probar su resistencia frente a la erosión. Pues, hemos apreciado que el imán de Ferrita apenas se altera en inmersiones acuosas, tanto ácidas como básicas; y además, hemos estimado oportuno experimentar con materiales, en primera instancia, no tan afines a los imanes para comprobar su comportamiento frente a los ataques de agentes erosivos. De hecho, como veremos más adelante, en dichos ensayos, este producto es el que presenta mayor resistencia mecánica.

¹ Cabe aclarar que estos revestimientos se han aplicado solamente sobre las muestras de Ferrita de Estroncio sometidas a pruebas de microabrasión, y no sobre las sometidas a ambientes ácidos o básicos. Hemos estimado innecesario reverstirlos ya que los fabricantes indican que este tipo de imanes son resistentes a agentes corrosivos sin necesidad de protección; así que el recubrirlas o no resultaba indiferente. Del mismo modo, no se especifica nada en cuanto a agentes erosivos. De menara que, se ha estimado oportuno aplicar a los imanes de Ferrita diferentes "capa protectoras" para comprobar su resistencia mecánica según el tipo de revestimiento; y si estas capas resultan efectivas en su función protectora ante abrasiones.

² CREMONESI, P.; BORGIOI, L. "Le resine sintetiche usate nel trattamento di opere policrome". p. 36.

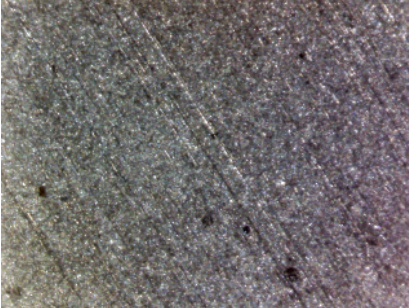
³ LASTRAS PÉREZ, M. "Unidad didáctica 5. Lección 6: Generalidades en la restauración de objetos metálicos arqueológicos". [apuntes sin editar de la asignatura: Teoría y práctica de la conservación y restauración de los bienes culturales I]. pp. 73-80.

⁴ CREMONESI, P.; BORGIOI, L. Op. cit. p. 127-128.

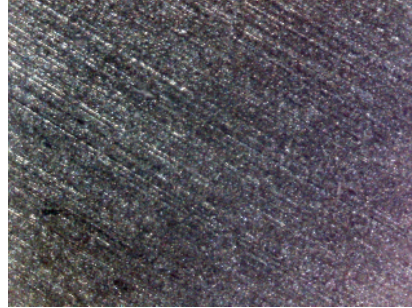
4.4. Fotografías:

Imán de Ferrita de Estroncio.

1. Ensayos con hidróxido de calcio.



Microscopio, 230x.
1^{er} control.

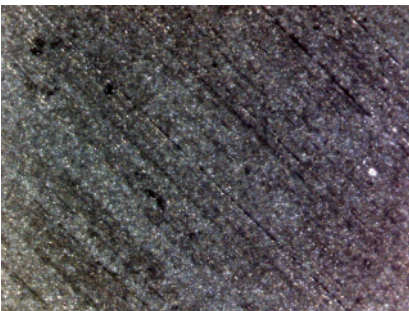


Microscopio, 230x.
2^o control.

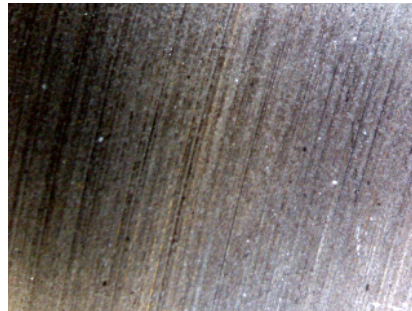


Microscopio, 230x.
3^{er} control.

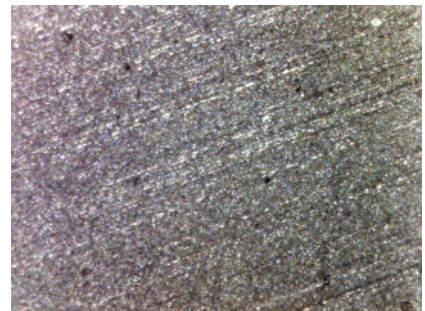
2. Ensayos con ácido acético al 10%.



Microscopio, 230x.
1^{er} control.



Microscopio, 65x.
2^o control.



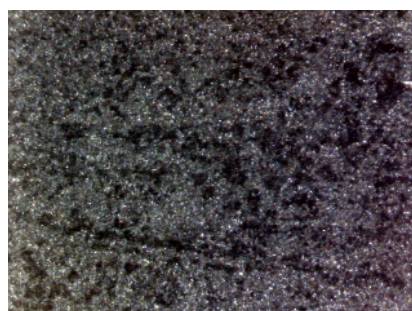
Microscopio, 230x.
3^{er} control.

3. Ensayos de microabrasión con silicato de aluminio:

a. revestimiento de Acril 33 al 10%.



Microscopio, 230x.
3 minutos.

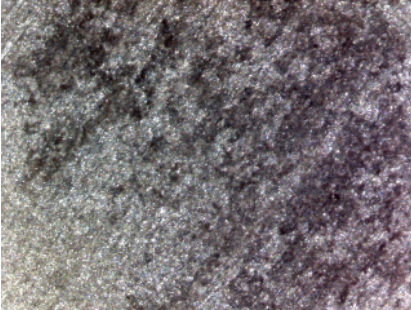


Microscopio, 230x.
6 minutos.

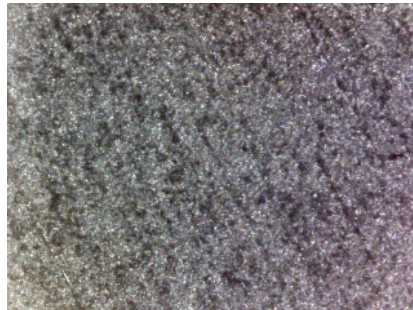


Microscopio, 230x.
9 minutos.

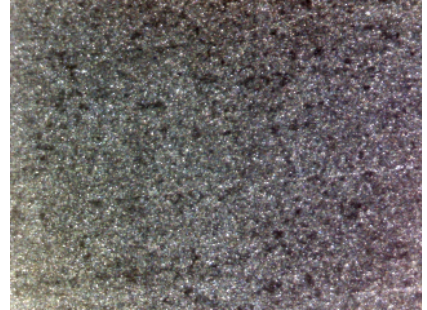
b. Revestimiento Acril 33 al 15%



Microscopio, 230x.
3 minutos.

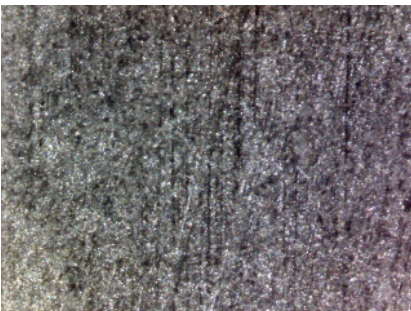


Microscopio, 230x.
6 minutos.

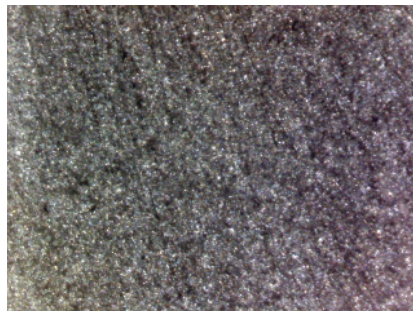


Microscopio, 230x.
9 minutos.

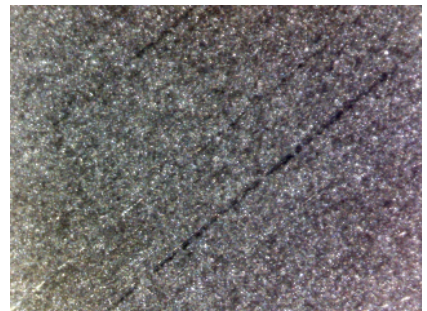
c. Revestimiento Paraloid B72 10%



Microscopio, 230x.
3 minutos.

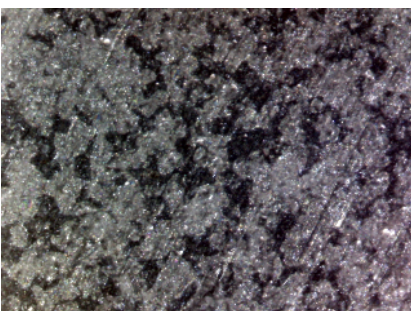


Microscopio, 230x.
6 minutos.

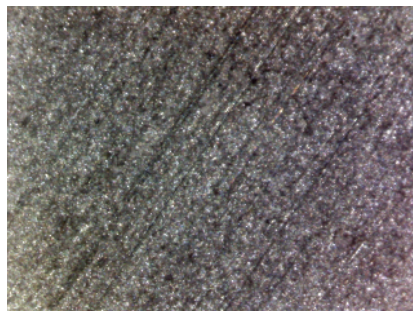


Microscopio, 230x.
9 minutos.

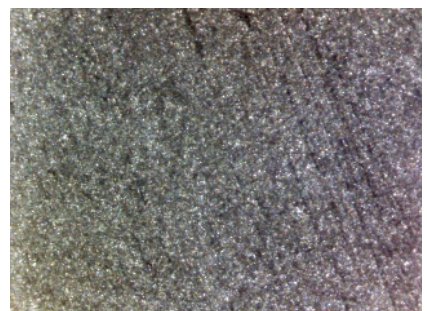
d. Revestimiento Paraloid B72 15%



Microscopio, 230x.
3 minutos.



Microscopio, 230x.
6 minutos.



Microscopio, 230x.
9 minutos.

Imán de Neodimio (neodimio, hierro y boro).

1. Ensayos con hidróxido de calcio.



Microscopio, 65x.
1^{er} control.



Microscopio, 75x.
2^o control.



Microscopio, 75x.
3^{er} control.

2. Ensayos con ácido:

a. Ácido acético al 10%.



Microscopio, 230x.
1^{er} control.



Microscopio, 65x.
2^o control.

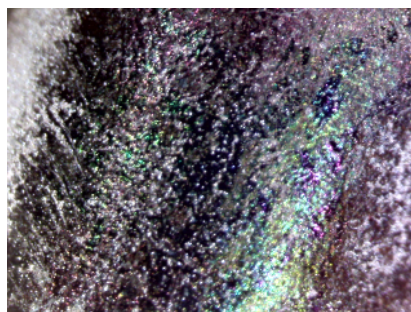


Microscopio, 100x.
3^{er} control.

b. Ácido acético al 6%.



Microscopio, 50x.
1^{er} control.



Microscopio, 230x.
2^o control.



Microscopio, 80x.
3^{er} control.

c. Ácido acético al 3%.



Microscopio, 230x.
1^{er} control.



Microscopio, 75x.
2^o control.

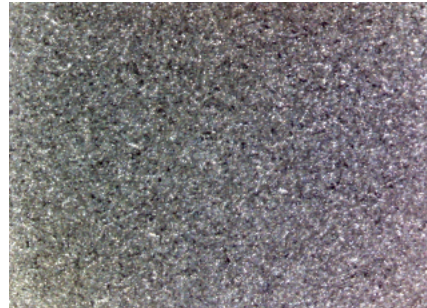


Microscopio, 75x.
3^{er} control.

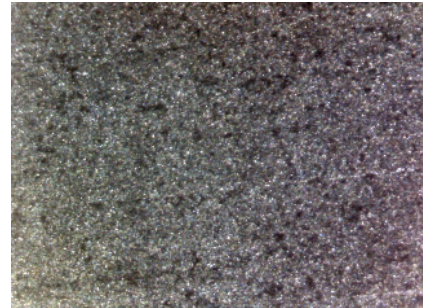
3. Ensayos de microabrasión con silicato de aluminio



Microscopio, 230x.
3 minutos.



Microscopio, 230x.
6 minutos.



Microscopio, 230x.
9 minutos.

5. Conclusiones

Efectivamente, los **imanes de Neodimio** son muy vulnerables a cualquier ataque, tanto químico (ácidos y bases) como físico-mecánico (erosión por proyección de particulado). Aún así conserva un alto poder de imantación. En la solución ácida al 10%, la película protectora de níquel-cobre-níquel no resulta lo suficientemente resistente a este ataque y comienza a alterarse a los pocos días de ensayo, y es entonces cuando la sustancia química ataca al imán descomponiéndolo de tal manera que pasa de estado sólido y compacto a particulado disgregado. El ácido, en menores concentraciones (6% y 3%), tarda un poco más en descomponer el revestimiento de níquel. Aún así, el imán de Neodimio, sigue siendo muy vulnerable a este tipo de sustancias.

Por otro lado, el imán de Neodimio, en solución básica no presenta un alto grado de alteración. Al cabo de dos semanas, comienza a observarse zonas con abultamientos, pero el revestimiento de níquel nunca llega a desaparecer.

A través de la realización de los ensayos de microabrasión se puede percibir la impronta que las micropartículas de alúmina han dejado sobre la superficie de níquel. Pero, en nueve minutos de proyección, no han conseguido romper dicho revestimiento. El imán de Neodimio, sí resulta muy frágil cuando es sometido a golpes con materiales de similar dureza, de manera que, hay que tener cuidado cuando ponemos en contacto imanes de Neodimio entre sí, pues su gran fuerza de atracción podría provocar choques que den lugar a su fragmentación.

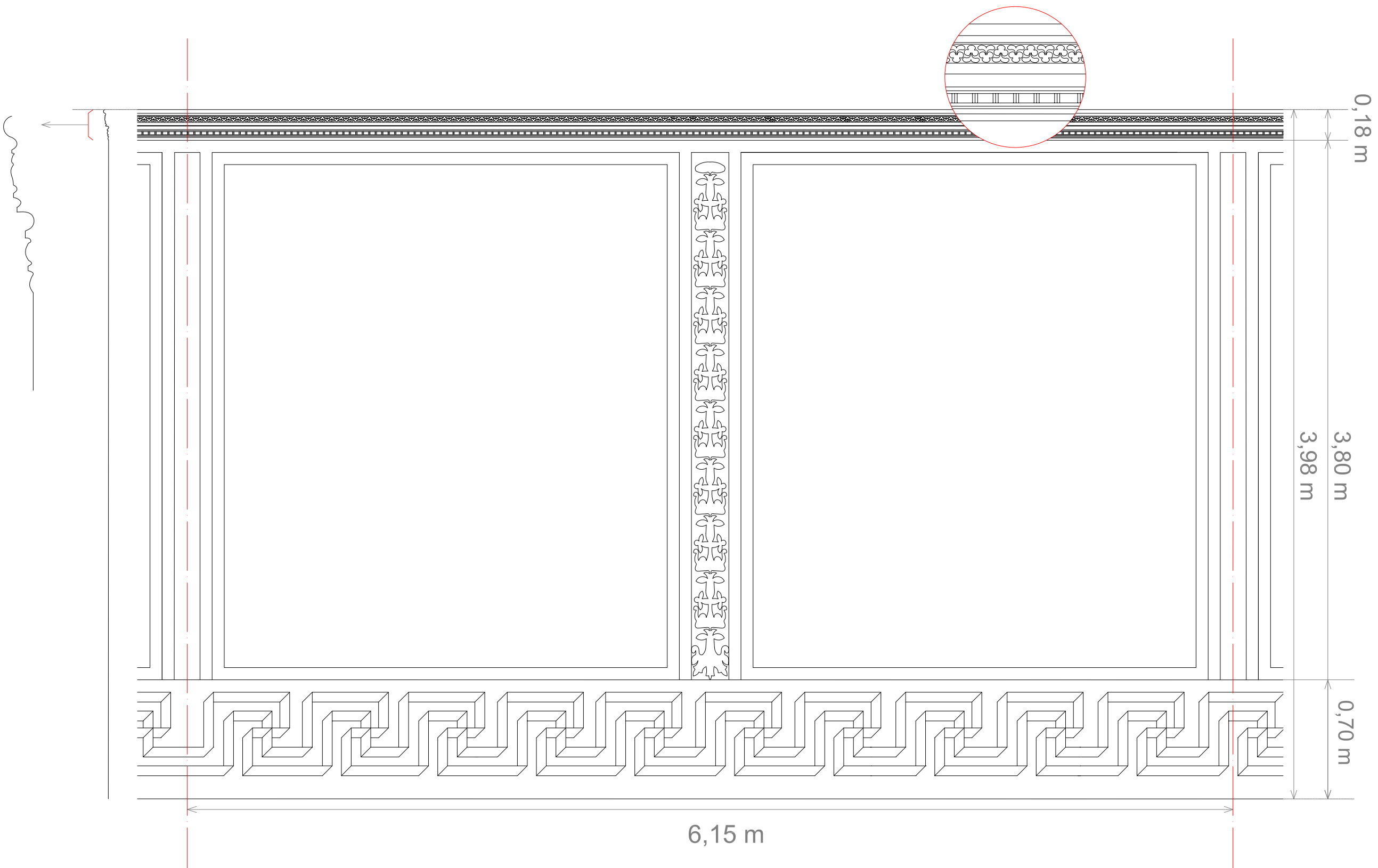
En cuanto a los **imanes de Ferrita de Estroncio**, como era de esperar, estos no parecen mostrar ninguna alteración a sustancias de tipo básico, ni tampoco ácido. Aunque estos imanes presentan cierta vulnerabilidad ante los ataques de tipo físico-mecánico (como pequeños golpes o impactos), llegando a laminarse levemente en algunas de las zonas más cercanas a los bordes. En el ensayo con microabrasímetro, efectivamente, las capas aislantes de resinas aguantaron entre 3 y 6 minutos en desaparecer casi por completo (apreciaciones al microscopio óptico). Solamente el Acril 33 al 10% parece soportar hasta 9 minutos de proyección de alúmina. Aunque, en cualquiera de los casos, el silicato de aluminio no parece afectar al núcleo metálico.

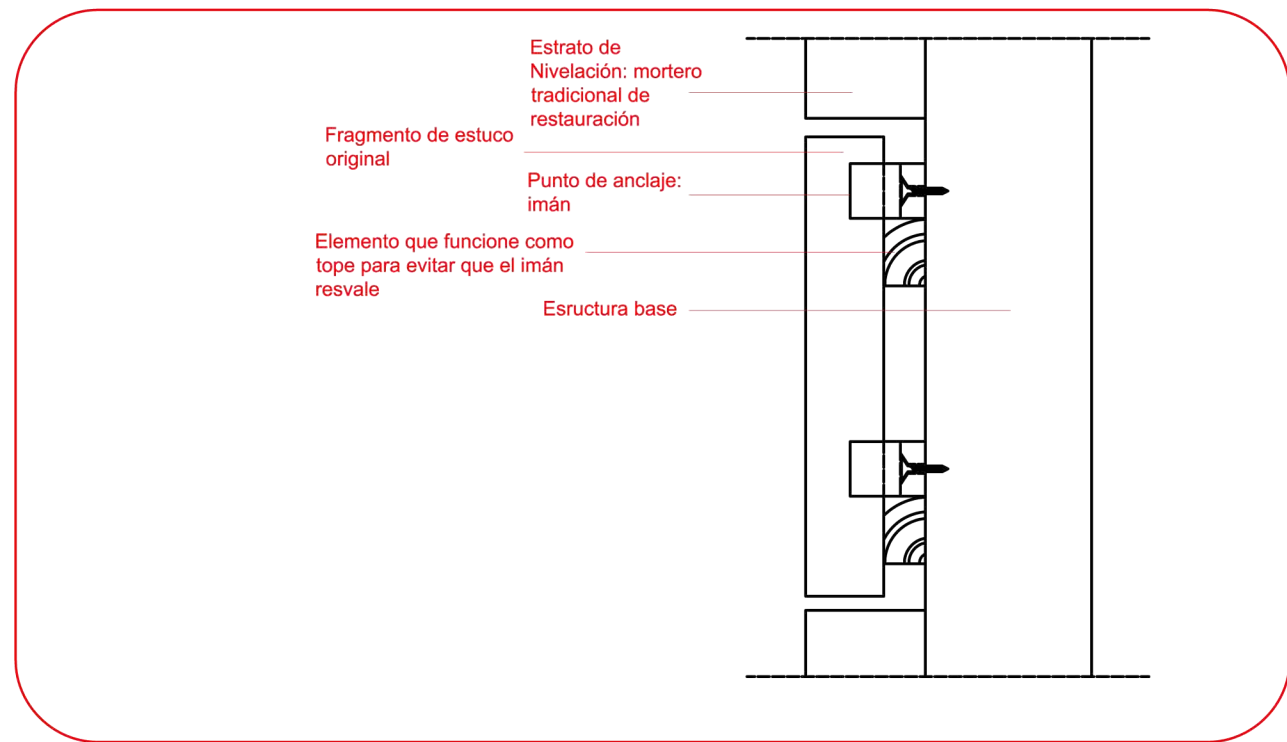
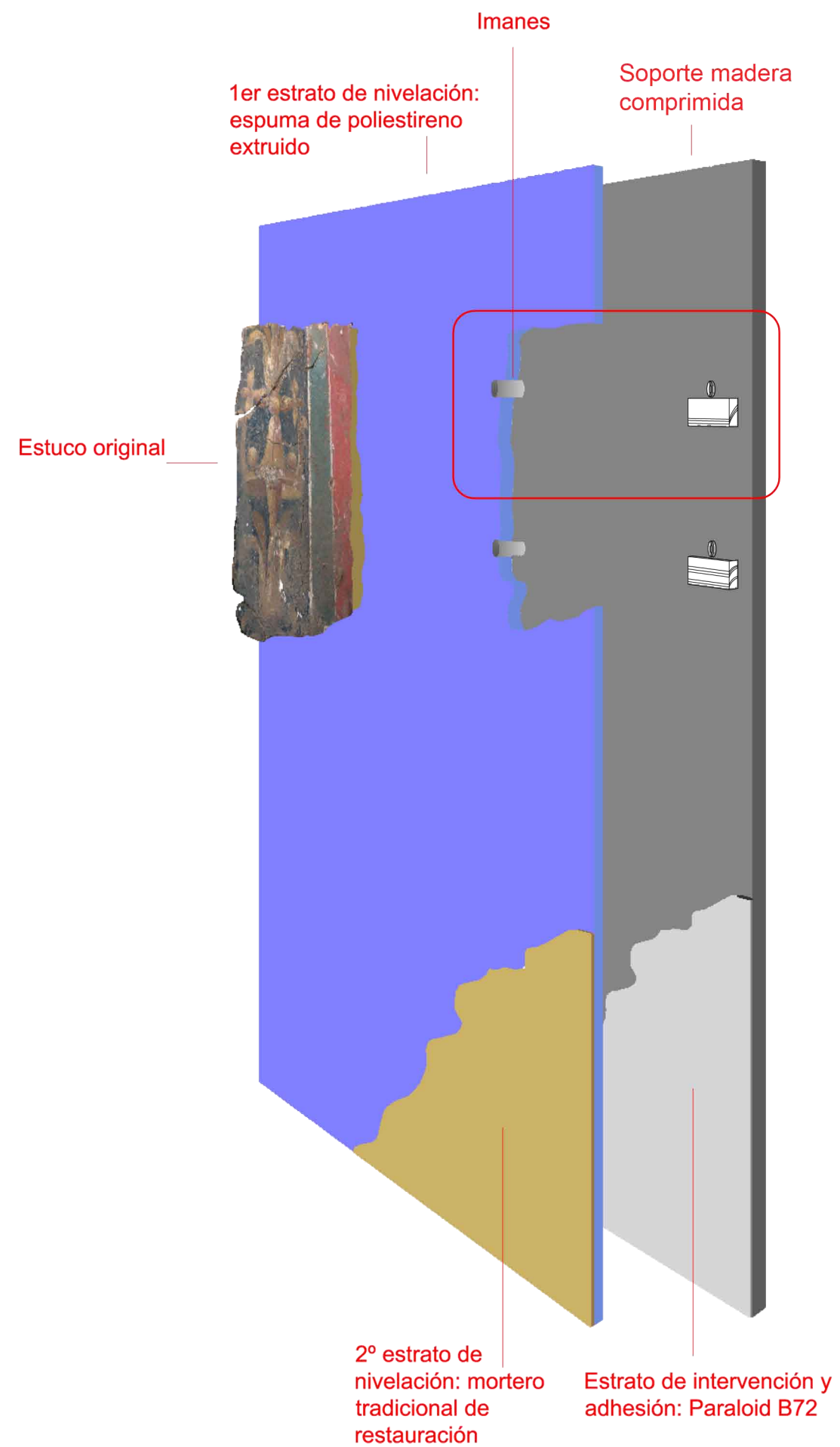
Después de los estudios y probetas realizados, hemos estimado preferible emplear imanes de Ferrita en exteriores (aun siendo de mayor tamaño y peso), antes que utilizar imanes de Neodimio. Si bien, el imán que nos garantiza mayor poder de sujeción y ahorro de espacio es este segundo. Si utilizamos imanes de Neodimio es importante tener en cuenta todos estos factores y tratar de garantizar que el imán permanecerá en unas condiciones óptimas para su conservación para que no se produzca un fallo por rotura o desimantación. De lo contrario, su empleo en intervenciones de restauración puede resultar desafortunado.



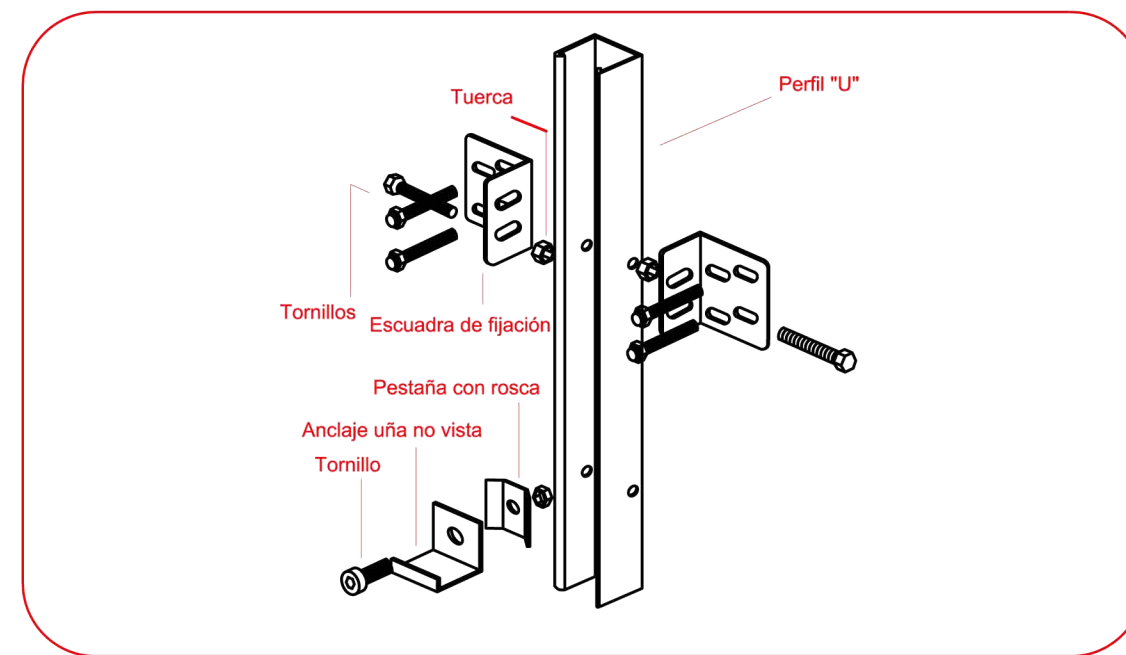
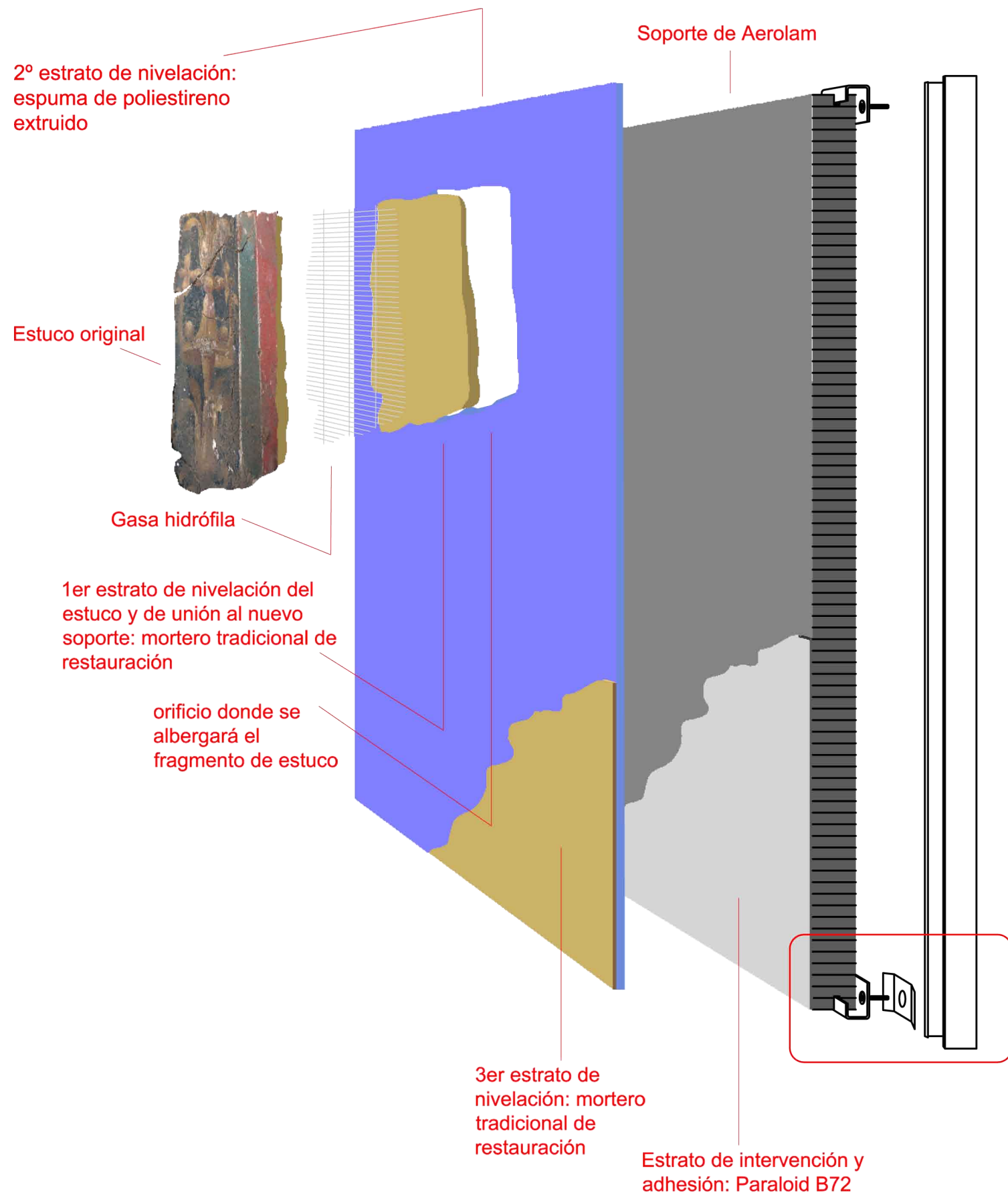
Anexo 4: Gráfico reconstructivo del esquema tripartito que decora la pared del muro norte de la estancia del Mosaico de los Amores.

* Las medidas son aproximadas.





Detalle sistema de anclaje con imanes



Detalle sistema de anclaje con uña no vista