

# La restauració, la museïtzació i la conservació preventiva de *Les Sorres X*.

## *The restoration, museumisation and preventive conservation of Les Sorres X.*

**M. Teresa Sala Pietx** / [salapt@mmb.cat](mailto:salapt@mmb.cat)

**Codi Orcid:** 0000-0003-2692-1118

Llicenciada en Belles Arts, especialitat de Restauració de Béns Culturals, per la Universitat de Barcelona l'any 1985. Tècnic superior en conservació-restauració al Museu Marítim de Barcelona.

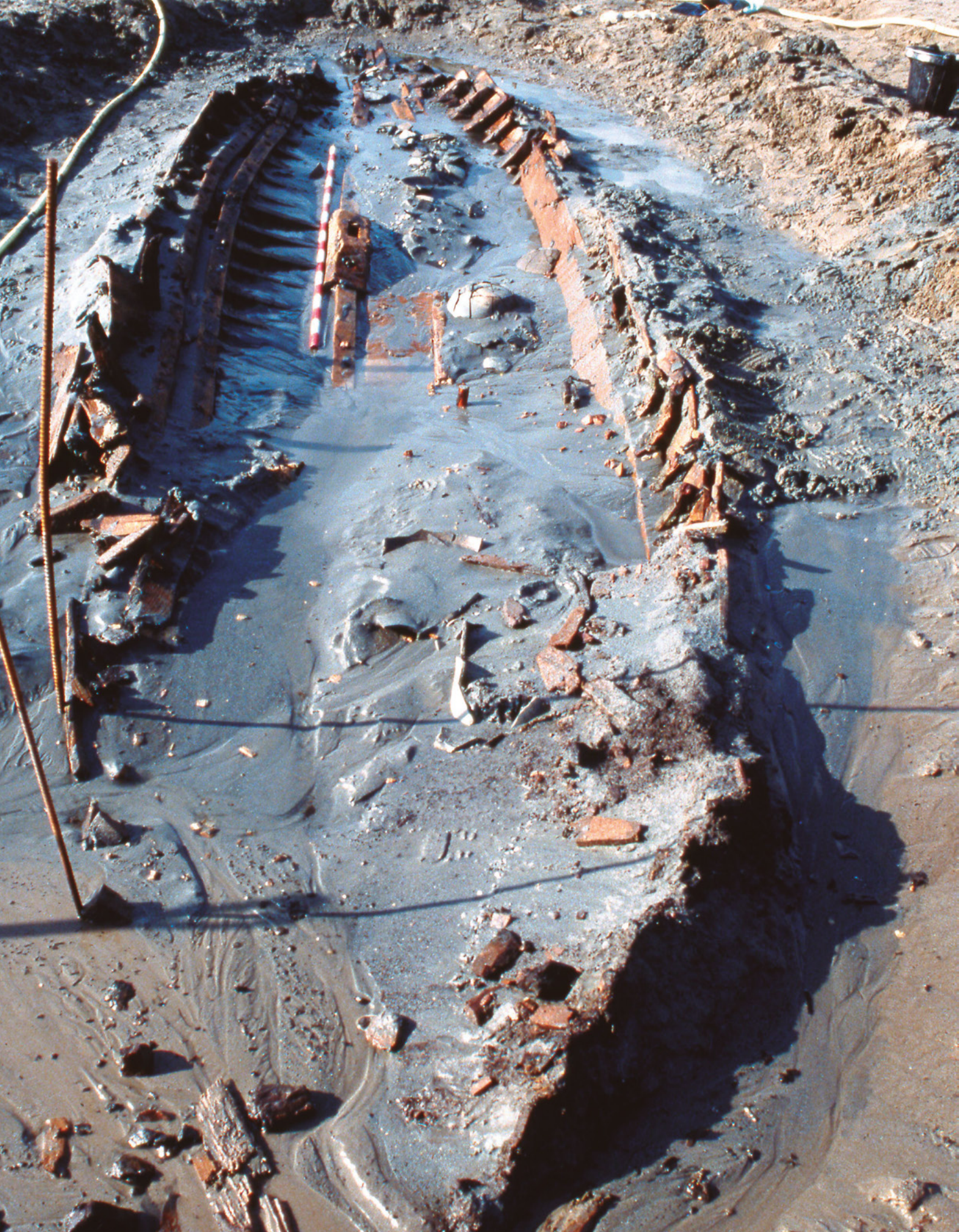
*Graduate in Fine Arts specialising in the Restoration of Cultural Heritage from the University of Barcelona in 1985. Senior conservation-restoration technician at the Maritime Museum of Barcelona.*

Aquest article intenta recollir tota la informació que està relacionada, directe o indirectament, amb la preservació de les restes arqueològiques de la barca *Les Sorres X*. Necessitem entendre quin ha estat el procés de transformació de la fusta, des de l'excavació a la seva museïtzació; conèixer totes les decisions que s'han pres i saber quines accions s'han dut a terme. Totes aquestes dades són importants per preveure quins són els factors, interns i externs, que poden posar en risc la seva conservació.

**Paraules clau:** patrimoni marítim, derelictes, jaciment, preservació, restauració, museu.

*This article attempts to summarise all the information directly and indirectly related to the preservation of the archaeological remains of the ship Les Sorres X. We need to understand the process of transforming the wood was carried out, from its excavation to its museumisation, to know all the decisions taken and know what actions have been taken. All this information is important in order to anticipate which factors, both internal and external, may jeopardise conservation.*

**Keywords:** maritime heritage, shipwreck, site, preservation, restoration, museum.



[PORTADA] Excavació del derelict, encara parcialment cobert per la sorra (Fotografia: Arxiu MAC-CASC).

## INTRODUCCIÓ

El procés de conservació del derelict *Les Sorres X* va començar en el moment en què la sorra va cobrir les seves restes enfonsades, en un estany del delta del riu Llobregat. Els gairebé dos metres de sorra que el cobrien, i el progressiu allunyament de la línia de costa, van crear un entorn estable que va permetre la conservació de la fusta i d'altres restes arqueològiques. Protegides de la erosió, la absència de llum, la manca d'oxigen i d'activitat biòtica, es va iniciar un procés de transformació dels materials orgànics i la seva adaptació a un nou medi.

Per entendre la problemàtica que implica la conservació d'aquest derelict, cal tenir en compte les condicions externes en què ha estat, els canvis físics i químics que s'han produït dins els materials, les intervencions de desmantellament i de muntatge, així com els tractaments de conservació i de restauració que s'han realitzat des del seu descobriment, ara fa més de 30 anys. La seva conservació ha estat sempre un treball en equip: han participat molts professionals i de perfils ben diferents, que han aportat els seus coneixements i propostes. Totes les accions i els estudis que s'han realitzat han estat importants, tots formen part d'un esforç col·lectiu que ha vetllat per la seva preservació.

Actualment està exposat al Museu Marítim de Barcelona, com a peça protagonista de l'àmbit *Les Sorres X. Un vaixell medieval*, on els visitants poden gaudir d'una de les poques barques medievals destinades al transport de mercaderies

que es conserva a la Mediterrània. El text, els audiovisuals i els objectes exposats expliquen com era la navegació de cabotatge i quin era el sistema de construcció naval que s'utilitzava a la segona meitat del segle XIV. D'aquesta manera, el museu compleix amb el seu objectiu de fer difusió del patrimoni arqueològic marítim, a la vegada que es compromet a seguir vetllant per la conservació d'aquest derelict, col·laborar en estudis de recerca que poden aportar noves dades i ajudar a garantir la seva preservació.

## EL JACIMENT

El jaciment arqueològic de *Les Sorres* correspon a una antiga àrea marítima que es troba actualment terra endins, allunyada més d'un quilòmetre i mig del mar, entre els municipis de Castelldefels i Gavà. Una franja de terra formada per sorres fluvials i marines, de més de 6 Km de llarg i amb una amplada de 800 m. Aquesta zona deltaica havia estat a l'Antiguitat un estuari, utilitzat com a port d'ancoratge, on els vaixells podien fondejar i ser carregats i descarregats, des del segle IV aC, segons indiquen els objectes més antics que s'hi han trobat.

Arran de l'increment de la construcció urbanística els anys 60 i 70 del segle XX, es van fer grans extraccions d'àrids per tota la plana deltaica, localitzant-se moltes restes arqueològiques, que el documenten com un lloc on les naus ancoraven repetidament, i es van identificar fins a nou embarcacions, de les que no es va conservar cap element estructural, donat que no s'hi havia fet mai cap excavació arqueològica sistemàtica. L'any 1983 es van

<sup>1</sup> Al nivell freàtic, el lloc on es troba l'aigua subterrània, la pressió de l'aigua de l'aquífer és igual a la pressió atmosfèrica.

<sup>2</sup> Sistema que es basa en la succió de l'aigua subterrània a través d'un generador de buit, al que estan connectats una sèrie de dispositius verticals de captació.

<sup>3</sup> La memòria de l'excavació contextualitza i descriu àmpliament les dificultats tècniques que va suposar aquesta excavació d'urgència.

iniciar els tràmits per a la protecció del jaciment, amb la seva inclusió dins l'inventari arqueològic subaquàtic de Catalunya i, l'any 1986, es va denegar l'obertura de noves extraccions d'àrids.

El dia 26 de setembre de 1990, mentre s'estava treballant en la construcció d'un canal artificial per a les proves de piragüisme de les Olimpíades de 1992, a una cota de 1,58 m per sota del nivell del mar, una excavadora va tocar la part superior de l'estructura d'una barca. Afortunadament, advertits pel Departament de Cultura de la Generalitat i el Museu de Gavà sobre la potencialitat de la zona, les obres es desenvolupaven amb cura. Un cop comprovat que es tractava d'una embarcació enfonsada, se'n va fer càrrec el Departament de Cultura de la Generalitat i el Centre d'Arqueologia Subaquàtica de Catalunya (CASC), que en aquell moment estava en procés de constitució. L'excavació es va dur a terme sota la direcció de Xavier Nieto, amb un equip format per Xim Raurich, Marcel Pujol, Anna Jover, Pere Izquierdo, entre d'altres, i amb Albert Martín i Eulàlia Barraseta com a directores de l'excavació.

### UNA EXCAVACIÓ D'URGÈNCIA

El fet de trobar-se dins d'una capa freàtica<sup>1</sup> d'elevada permeabilitat, havia fet possible mantenir la humitat constant que va afavorir la conservació de la fusta, però, en el moment de l'excavació, això es va convertir en un problema. L'aflorentament continu de l'aigua convertia la zona de l'excavació en un embassament, motiu pel que va ser necessari fer un tancament perimetral i extreure l'aigua mitjançant la instal·lació d'un *well point*,<sup>2</sup> que funcionava dia i nit, fins convertir el jaciment en una excavació terrestre. Per a evitar l'assecatge de la fusta es va mantenir sempre humida utilitzant l'aigua del canal de rem.

El problema principal per a la seva conservació va ser treure les restes de l'embarcació d'allà, perquè havien de continuar les obres del canal. Per aquest motiu, es va haver de plantejar com una excavació d'urgència. Es va treballar sota la pressió de tenir la infraestructura llesta a temps per a les Olimpíades de Barcelona de l'any 1992. Per aquest motiu, els treballs arqueològics havien de coniuir diàriament amb l'avançament de la construcció. Es va fer en menys de tres mesos, en ple hivern, amb fortes baixades de temperatura, distribuint la feina en dos torns i amb enllumenat artificial.<sup>3</sup>

### EL DERELICTE

Sols es conservava la part del fons del buc, escorat cap al costat d'estribord, amb la part de proa més elevada, trencada per la excavadora, i la popa a més profunditat. Les restes del derelictes tenien una llargada de 8 m i una

amplada màxima de 1,60 m. Els estudis d'arquitectura naval van concloure, posteriorment, que es tractava d'una embarcació de petit cabotatge destinada al transport de mercaderies, de formes similars a un llagut, d'uns 9,5 m d'eslora i 1,9 m de mànega. Per les mides, podia tenir fins a cinc o sis remes per banda, i la situació de la paramola indicava que tenia sols un pal, segurament aparellat amb vela llatina. Es conservava, encara que molt deteriorada, la concreció fèrrica de l'agulla del timó. La càrrega eren gerres amb restes de conserves de peix, sobre un llit d'espart. Va ser la ceràmica de la càrrega la que va permetre datar el derelictes a la segona meitat del segle XIV.

### CONSERVACIÓ IN SITU (1990)

Inevitablement, l'excavació va trencar l'estabilitat del medi on s'havia conservat durant 600 anys, un terreny format per sorres fines i llims d'aportacions fluvials del mateix riu. Els sediments sobre els que reposava el derelictes estaven compostos bàsicament per torba, el que indicava que es va enfonsar en un estany.

Les tasques de conservació les va dirigir l'Anna Jové, com a química especialitzada en conservació de fustes humides, i va comptar amb la col·laboració dels alumnes del Taller-Escola de Rehabilitació del Patrimoni del Laberint d'Horta. El procés de l'excavació i la decisió de les mesures de conservació que s'havien de prendre in situ, van ser uns dels moments més delicats.

L'estat de conservació del vaixell, com a estructura, era dolent, a causa de la fragmentació d'algunes parts, a la transformació dels claus de ferro en òxid i de les clavilles de fusta que ja no complien la seva funció d'unió. La manca de subjecció entre els elements constructius va fer necessari el seu desmantellament. Calia desmuntar totes i cadascuna de les peces, per traslladar-les al laboratori que tenia el Centre d'Arqueologia Subaquàtica de Catalunya (CASC) a Girona, unes instal·lacions especialitzades en conservació i restauració de materials arqueològics humits de naturalesa orgànica.

Malgrat que l'estat de conservació de la fusta en general era bo, depenent de l'element arquitectònic, segons la seva situació en el jaciment i de l'espècie de la fusta utilitzada per a la seva construcció, l'estat de conservació era divers. Presentaven un bon grau de conservació: la quilla, la taula de la quilla i les escues que eren de xiprer, el paramitjal que era d'om, i la paramola de pi. El folre de pi que tenia una capa de pega al seu interior, també es conservava força bé. La fusta d'alzina de les quadernes semblava estar ben conservada, però tant els medissos com les estameneres estaven molt fragmentats degut a la pressió de la sorra. ■



Les sobre-escoes interiors i exteriors, fets de pi, eren els elements que estaven en pitjor estat de conservació. No es van poder recuperar les taules del pallol, <sup>2</sup> a causa de l'avançat estat de descomposició de la fusta, feble i molt fragmentada. Cap element havia estat atacat pels xilòfags gràcies a l'ambient anaeròbic.

Tot i el seu aspecte extern de solidesa, comparable a una fusta actual amarada d'aigua, era una fusta mecànicament feble a causa de la transformació de la seva estructura interna, que sols podia mantenir la seva forma mentre els espais cel·lulars estiguessin saturats d'aigua. S'havien produït canvis químics irreversibles dins la seva estructura cel·lular: dels components principals es conservava la lignina i part de la pectina, però pràcticament havien desaparegut els carbohidrats, la cel·lulosa i la hemicel·lulosa.<sup>4</sup> Per tant, era bàsic evitar qualsevol tipus d'asseccament o pèrdua d'aigua; així que, mentre va durar tot el procés d'excavació i de desmuntatge, es va mantenir la humitat de saturació ruixant-la amb micro-aspersors i mànegues.

A l'interior de la barca hi havien restes de l'estora d'espart trenat que recobria la part interna del buc, l'espart que

embolcallava les gerres trobades a la banda de popa, fragments de ceràmica i petites de branques de sarment de vinya, que tenien la funció de protegir i immobilitzar la càrrega. Del material d'estiba sols es va poder conservar un fragment de l'espart trenat, integrat dins un bloc de sorra, i algunes tòries. De la càrrega es conservaven les restes de deu gerres, d'una mateixa tipologia i amb la marca del terrisser, molt fragmentades i incompletes, escates de peix del seu contingut i alguns fragments ceràmics d'altres tipologies.

Totes les decisions que es van prendre en aquell primer moment, com mantenir les fustes cobertes d'aigua mentre es preparava el transport, decidir com s'havien de traslladar, com s'havien de fixar, etc., van ser primordials per garantir la seva conservació; malgrat això, no totes les peces ni tots els materials es van poder conservar.

### INTERVENCIIONS IN SITU

Un cop extreta la sorra i buidada la càrrega, es va haver de retirar el llit d'espart, per a poder treure tot els elements de l'estructura. <sup>5</sup> Per a la futura conservació de la fusta era molt important que la neteja fos exhaustiva: calia eliminar tota la sorra, tot el llot, que podia ser focus de fermentació o

[1] Fragmentació de les quadernes, deformació de les sobre-escoes i restes de l'estora d'espart, vist des de popa (Fotografia: Arxiu MAC-CASC).

<sup>4</sup> SIERRA MÉNDEZ, J.L. "La conservació de la maderia arqueològica subacuàtica. Museo y Centro Nacional de Investigaciones Arqueológicas Submarinas", *Monte Buciero* (2003), núm. 9 (La Conservación del Material Arqueológico Subacuático), p. 227-266.

<sup>5</sup> PUJOL HAMELINK, M. *La construcció naval a Catalunya a l'Edat Mitjana*. Barcelona: Editorial Base, 2012, p. 5.

[2] Deteriorament de les taules de pallol.

[3] Traient l'estora d'espart localitzada a popa (Fotografies: Arxiu MAC-CASC).



putrefacció, i tota la pega del calafatejat (que podia arribar a tenir 2 cm de gruix en algunes zones), tant per facilitar la penetració del polietilenglicol (PEG) dins la fusta, com per evitar que es fongués dins la solució de consolidació. També calia eliminar les restes dels claus de ferro i l'òxid, per a evitar que la corrosió impregnés tota la fusta durant els banys de dessalatge i de consolidació. Al voltant dels

claus ja s'observava que la fusta tenia menys consistència. En aquest sistema de construcció naval, anomenat d'esquelet, gairebé totes les unions estaven fetes amb claus de ferro; sols alguns elements longitudinals estaven fixats entre ells amb clavilles de fusta, per consegüent, hi havia un elevat nombre de claus i de corrosió. Per tot això, la fase de neteja va ser molt lenta i laboriosa. Per mantenir

unides les parts fragmentades es van utilitzar escuradents, engassats i filferro d'acer al carboni trempat.<sup>6</sup> [4]

Simultàniament al procés de neteja, es van numerar i marcar totes les peces. Sobre paper de polièster i amb retoladors resistents a l'aigua, es van dibuixar calcs a escala 1:1 del perfil, les incisions, les marques de claus, les cabotes i les línies de fragmentació de cada peça. Una altra part molt important de la documentació va ser la planimetria a escala 1:10, que es va fer de tots els elements i dels detalls. Aquests dos documents han estat imprescindibles per als estudis posteriors i per a la reconstrucció de *Les Sorres X*.

Un cop les peces estaven netes, documentades i ja s'havien units els fragments, s'ordenaven sobre lleixes de fusta perforada, on s'anaven subjectant amb gassa, i es marcava la numeració de la peça amb roba de cotó i marcadors indelebles.<sup>5</sup> Per tal d'evitar que s'assequés la fusta, i per a protegir-la dels canvis de temperatura i del sol, aquestes lleixes amb les peces del buc es van posar de manera provisional dins d'una rasa a prop de la excavació, folrada amb geotèxtil, plena amb aigua del mateix canal i tot cobert amb plàstic fosc. Així van estar deu dies, mentre s'acabava la construcció del dipòsit que havia de servir per al seu transport fins a Girona i per al tractament de la fusta. A peu d'excavació s'havia construït un dipòsit d'acer inoxidable amb prou capacitat per fer el tractament de totes les fustes fixades als suports (4,5 m de llarg, 1,5 m d'amplada i 1,5 m d'alçària).

### CONSERVACIÓ-RESTAURACIÓ AL CASC (1990-2011)

El 15 de desembre de l'any 1990, es va traslladar tot el material de l'excavació al Centre d'Arqueologia Subaquàtica de Catalunya (CASC) dins el dipòsit d'acer inoxidable. Un cop allà, per poder-hi fer el procés de consolidació de la fusta, es va completar la adequació d'aquest dipòsit. Per aconseguir la correcta distribució del PEG i el manteniment de la temperatura, es van cobrir totes les parets amb fibra de vidre, s'hi van afegir unes resistències adossades a la part externa de les parets laterals, una bomba de recirculació, un termòmetre de tija i resistències de fil a la canalització que comunicava el dipòsit amb la bomba. També es va automatitzar el seu funcionament, per a mantenir una temperatura estable i per assegurar una bona distribució del PEG dins el bany.

Primer es va fer el procés de dessalatge, mantenint la fusta completament submergida dins l'aigua i amb una circulació constant d'aigua corrent, durant gairebé un any. D'aquesta manera s'eliminaven les sals i, probablement, s'afavoriria la inactivació o eliminació dels bacteris



[4] Estat de conservació de les quadernes durant el procés desmantellament.

[5] Quadernes lligades amb gassa sobre les lleixes preparades per al transport (Fotografies: Arxiu MAC-CASC).

<sup>6</sup> El filferro d'acer amb alt contingut de carboni utilitzat per a instruments musicals, com les cordes de piano.

<sup>7</sup> RAURICH, X. [et al.]. *Les Sorres X. Un vaixell medieval al Canal Olímpic de Rem*. Barcelona: Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya, 1992 (Memòries d'Intervencions Arqueològiques a Catalunya, núm. 1), p. 60.

<sup>8</sup> PEG 4000 és un polímer termoplàstic, un agent osmòtic obtingut a partir de la polimerització del òxid de etilè. Una cera hidrosoluble que es solidifica al refredar-se.

<sup>9</sup> Amb data 14 de novembre de l'any 2006 es va signar un conveni entre l'Entitat Autònoma Museus d'Arqueologia i el Consorci de les Drassanes Reials en el que es fixaven les condicions de cessió en règim de comodat.

que aportaven compostos de sofre. No s'hi van afegir bactericides ni fungicides perquè no interferissin en el procés de penetració del PEG.

Un cop eliminades les sals, es va començar la consolidació de la fusta seguint la metodologia que s'havia utilitzat al *Culip IV* i al *Culip VI*.<sup>7</sup> Tenint en compte la contaminació de l'aigua del jaciment, per la presència de matèria orgànica i per la tendència de l'alzina a descompondre's en contacte amb el ferro i l'aigua, es va incrementar la temperatura fins a 50 °C, en un període de temps més curt que en els dos derelictes citats anteriorment, amb la finalitat d'anul·lar ràpidament l'actuació dels fongs i els bacteris.

A l'aigua del dipòsit, on es mantenien submergides les fustes, se li va afegir de manera progressiva el PEG 4000,<sup>8</sup> començant amb una concentració del 10% que es va anar incrementant de manera progressiva amb un 1% setmanal, fins a arribar al 80 %, mantenint la temperatura de la dissolució a 60°C. Per osmosi, la dissolució va anar penetrant dins la fusta, substituint l'aigua que havia a l'interior de la seva estructura molecular. Per al tractament d'impregnació, d'una durada de dos anys, van caldre gairebé cinc tones de PEG.

Després d'una fase d'estabilització, es va baixar la temperatura de manera gradual i, al llarg de l'any 1994, es van anar traient les fustes del bany. Les fustes van necessitar un període de dessecació controlada, per a la seva aclimatació al nou medi ambient, fins que el PEG es va solidificar. Finalment, es va treure l'excés de PEG de la superfície de la fusta amb draps molls amb aigua calenta.

Un cop finalitzat el procés de consolidació de la fusta, es van tornar a presentar els fragments de cada peça sobre els calcs, es van fixar els fragments amb grapes fetes amb acer al carboni trempat i es van dibuixar les marques que no s'havien observat a peu d'excavació.<sup>6</sup> Gairebé tots els fragments identificats es van marcar amb la nomenclatura de la peça i el número del fragment, utilitzant un plàstic blanc que quedava fixat amb una grapa. Després, es van guardar totes les peces, embalades amb plàstic de bombolles, a l'espai d'emmagatzematge del mateix centre. Es van conservar en bosses alguns fragments de fusta que no tenien cap nomenclatura que les atribuís a una peça.

### PROJECTE DE MUSEÏTZACIÓ AL MUSEU MARÍTIM DE BARCELONA (2006 -2011)

L'interès històric i documental d'aquesta embarcació, com a testimoni de la vida comercial, de la tècnica de construcció naval i dels materials constructius utilitzats al segle XIV, va portar al Museu Marítim de Barcelona (MMB)



[6] Revisió dels calcs després del tractament de consolidació (Fotografia: Arxiu MAC-CASC).

a plantejar-se la seva reconstrucció i museïtzació perquè formés part de l'exposició permanent del museu.

Els estudis previs del projecte de museïtzació de *Les Sorres X* van començar l'any 2006<sup>9</sup> amb una proposta de calendari de quatre anys. La idea inicial del projecte preveia reconstruir les restes conservades, retornar-les a la seva forma original i insinuar les parts que hi mancaven amb una estructura, seguint els criteris que s'havien utilitzat per a d'altres embarcacions amb problemàtica similar, tal com estaven exposades a altres museus.

Davant de la complexitat i de la manca d'experiència a nivell nacional, es va crear un equip interdisciplinari de professionals que incloïa experts estrangers, organitzats en equips i comissions de treball. La comissió tècnica estava formada per: Eric Rieth, Marc Ginisty, Marcel Pujol, Anna Jover, Xavier Nieto i David Ros, i amb Roger Marcet, Elvira Mata, Enric García, Carmen Vázquez i Gilles Llecha per part del Museu Marítim de Barcelona.

L'any 2007 es va començar a treballar en las primeres fases: la recopilació de tota la documentació existent



sobre la barca, la redacció d'un projecte reconstructiu, amb la construcció d'una maqueta de formes i plànols, i la redacció del projecte museogràfic. Es va crear una base de dades, una recopilació de bibliografia, un recull de la taula de plànols i es van visitar altres derelictes exposats.

La finalitat era recollir en un dossier tota la informació rellevant i necessària, per a què els tècnics corresponents poguessin començar a treballar sobre l'estructura que suportaria les restes de la barca *Les Sorres X* en la seva exposició museogràfica. Era un recull d'informació bàsica sobre l'estudi de l'embarcació, en els vessants de l'arquitectura naval i de la restauració; incloïa carpetes amb els plànols més importants, amb un recull de les fotografies del derelictes i, finalment, una altra amb imatges de les estructures que altres museus havien emprat per exposar els seus derelictes.

Eric Rieth i Marc Ginisty,<sup>10</sup> amb la col·laboració de Marcel Pujol, varen treballar en l'estudi sobre la restitució de les formes i, l'any 2008, van enviar una proposta de restitució i reconstrucció sobre un suport.<sup>7</sup> Ells ja preveïen que seria una feina complexa malgrat la gran quantitat de documentació recollida, considerant que algunes imprecisions sols es podrien resoldre en el moment del muntatge. La seva proposta era fer una mínima restitució arquitectònica, seguint estrictament les proves arqueològiques, i limitant al mínim les reconstitucions dels elements destacats.

El 15 de juliol de 2010, quan el museu es trobava en procés de remodelació<sup>11</sup> tant de l'edifici com del seu discurs museogràfic, es va demanar al Museu d'Arqueologia de Catalunya que fes efectiu el comodat acordat l'any 2006, per tal d'incloure l'exposició de *Les Sorres X* dins el nou projecte que s'estava dissenyant.

Es va tornar a reunir part del grup de treball per decidir com es podia exposar (Marcel Pujol, Gilles Llecha, Carmen Vázquez i Enric Garcia) prenent com a referència els sistemes expositius emprats per a d'altres derelictes. En general, quan es conserva un percentatge baix del derelictes, s'exposen amb estructures metàl·liques que suporten els fragments que es conserven, a la vegada que permeten visualitzar el perfil i les dimensions de la embarcació a la que pertanyen.

Però poc després, el projecte va donar un gir. El nou concepte museogràfic preveia exposar les restes de *Les Sorres X* simulant com s'havia trobat en el moment de l'excavació, amb les peces de fusta recolzades sobre una base sòlida que complís els requeriments de conservació,

sense cap estructura externa que reproduís les seves formes, sense vitrina i amb una barrera física que les separés dels visitants.

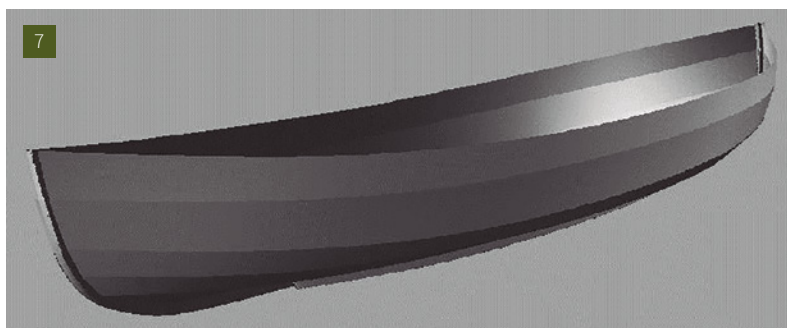
L'any 2013, un cop acabades les obres de rehabilitació de les naus de Les Drassanes Reials, el museu disposava d'un gran espai expositiu de 8.740 m<sup>2</sup>, amb una alçada de 16 m en alguns punts, diàfan, separat sols per columnes i pels desnivells del terra. Un espai amb una instal·lació de climatització general: calefacció de terra radiant a l'hivern i circulació d'aire fred amb sortides al terra a l'estiu, distribuïdes per quatre de les set naus. Tots els tancaments eren nous: el sostre de les naus amb aïllament tèrmic, els finestrals amb filtres que bloquejaven la entrada de l'espectre ultraviolat i els vidres amb càmera d'aire.

L'espai triat per exposar el derelictes *Les Sorres X*, era un pis de ciment elevat, construït sobre unes restes arqueològiques: la fonamentació d'una màquina de barrinar canons de l'any 1766. Per aquest motiu, el terra d'aquest espai no disposava de cap instal·lació de climatització. Aquest espai de 336 m<sup>2</sup> està situat a la nau de ponent, on la paret exterior és una gran vidriera que permet veure la muralla del segle XIV, de manera que queda visualment integrada a l'espai expositiu.

Tant l'espai triat dins el museu, així com el nou criteri de com aniria exposat, serien dos factors molt importants que després condicionarien la intervenció de restauració i el sistema de muntatge de la embarcació.

### CONSERVACIÓ-RESTAURACIÓ AL MMB

L'any 2010 les restes arqueològiques de fusta es conservaven al magatzem del CASC, embolcallades amb plàstic de bombolles i tancades amb cinta autoadhesiva. A cada embolcall estaven escrites les sigles de cada element arquitectònic del buc i de la seva posició dins l'embarcació. Després d'una visita al CASC per valorar el



[7] Estudi sobre la restitució de les formes fet per Eric Rieth i Marc Ginisty (Fotografia: Eric Rieth i Marc Ginisty).

<sup>10</sup> Eric Rieth, director de recerca del CNRS i responsable del Departament d'Arquitectura Naval del Museu Nacional de la Marina de París, i Marc Ginisty, arquitecte naval, que l'any 2004 havien fet la reconstrucció hipotètica del derelictes d'Urbieta, l'any 2008 van enviar la proposta de restitució i reconstrucció de *Les Sorres X* sobre un suport. Amb un CD que conté la informació de protocol, de muntatge i imatges de treball.

<sup>11</sup> En aquell moment s'estaven acabant les obres de reforma de les naus i la construcció de les noves sales de reserva a l'edifici de les Drassanes Reials de Barcelona.



[8] Recollida de les restes de la barca amb l'embalatge que tenia a la reserva del CASC (Fotografia: MMB).

volum i les mides de les peces del derelictes desmuntat, el mestre d'aixa del MMB, Gilles Llecha, va construir una estructura de fusta formada per 11 safates, fabricades amb llistons de fusta que, encaixades i apilades, formaven un bloc compacte amb rodes. Aquesta estructura es va utilitzar per al seu trasllat al MMB i després com a mobiliari d'emmagatzematge a l'interior del museu, fins que va finalitzar tot el procés de restauració i el muntatge definitiu l'any 2018. <sup>8</sup>

El projecte d'exposar *Les Sorres X*, previst abans de la rehabilitació de les naus, havia quedat anul·lat, i no es va reprendre fins l'any 2016, quan es va incloure el derelictes dins els nous projectes d'exposicions del museu. En aquell moment, es va decidir revisar el seu estat de conservació, per tal d'elaborar el projecte de restauració, i així poder fer una previsió de feina i de despeses. Sols s'havia fet una revisió aleatòria l'any 2014, amb la coincidència que les peces revisades estaven en bon estat.

Al moment de fer la revisió de l'estat de conservació de les fustes, es va aprofitar per substituir el plàstic de bombolles, tenint en compte que durant 20 anys s'hi havia acumulat

brutícia. Es va condicionar un espai prou gran per treure el material d'embalatge i revisar tot el contingut. Però al començar a retirar el plàstic de bombolles es va comprovar que hi havia peces amb problemes de conservació en alguns dels fragments: la presència d'eflorescències blanques, gruixos de PEG, no tots els fragments estaven fixats amb grapes. <sup>9</sup> i <sup>10</sup> Es va decidir eliminar sols la part exterior de la majoria dels embalatges, fer fotografies de les alteracions de les fustes i, mitjançant un informe intern, es va demanar que un conservador-restaurador especialitzat revisés l'estat de conservació i fes una proposta d'intervenció.

### L'ESTAT DE CONSERVACIÓ DE LA FUSTA I LA PROPOSTA D'INTERVENCIÓ

Em mes de desembre de l'any 2016, Caterina Aguer, com a conservadora-restauradora especialitzada en material procedent d'arqueologia subaquàtica, i amb experiència laboral al CASC, va fer la revisió de les alteracions que s'havien observat, va elaborar un informe amb el diagnòstic i va presentar una proposta de conservació-restauració i de muntatge. A part de la fragmentació documentada a la excavació, havia aparegut una nova

patologia: eflorescències i residus d'òxid de ferro al voltant dels forats dels claus, <sup>[11]</sup> cristallitzacions <sup>[12]</sup> i, en algunes zones, taques blanquinoses que semblaven restes de polietilenglicol.

Des de l'any 2000, a partir de l'aparició d'eflorescències al *Vasa* i al *Mary Rose*,<sup>12</sup> es coneixia el deteriorament provocat per la interacció entre el PEG, els elements de ferro i les restes orgàniques. Eren molts els derelictes rescatats dels quals s'estaven estudiant l'acidificació, la formació de sals i la biodegradació de la fusta, tenint en compte les variants materials i circumstancials de cada cas.

El CASC va enviar tres mostres a l'*Atelier Régional de Conservation*, del CEA de Grenoble (ARC-Nucléart) per a la identificació de les eflorescències. Es va determinar una oxidació de productes sofre-ferro present a la zona dels claus. Les mostres eren riques en sulfats de ferro, com ara rozenita<sup>13</sup> ( $\text{FeSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ), la jarosita ( $\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$ ) o la melanterita ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ), amb escassa presència de pirita i marcassita ( $\text{FeS}_2$ ) i sulfur de ferro ( $\text{FeS}$ ).

<sup>12</sup> CABELLO BRIONES, C. "Conservación preventiva de barcos de madera extraídos de ambientes subacuáticos marinos. Estado de la cuestión" *Pátina* (2011), núm. 16, p. 59-68.

<sup>13</sup> La rozenita és una alteració de la melanterita, sent ella mateixa un sulfat secundari de ferro que es forma a partir de l'oxidació de minerals sulfurs primaris com la pirita i la marcassita.



[9] i [10] Taques i cristallitzacions observades l'any 2016 al treure el plàstic de bombolles (Fotografia: MMB).

[11] Restes d'oxidació al voltant d'un forat de clau (Fotografia: Caterina Aguer).

[12] Zona d'una traca tova, clivellada i amb cristallitzacions (Fotografia: MMB).

<sup>14</sup>GELI, R.; VILA, A.; CAMPS, P. "El derelict de Les Sorres X. El primer vaixell arqueològic exposat a Catalunya", *Argo* (2020), núm. 6, p. 36-41.

Les concrecions eren riques en sulfat (producte final del procés d'oxidació de la pirita) i els productes eren molt àcids. La presència de rozenita, el fet que no quedés pràcticament més pirita i la lleugera presència de sulfurs de ferro, indicaven que el procés d'oxidació està molt avançat. ARC- Nucléart recomanava el raspat de tots els productes de concreció dels claus, especialment els dels forats d'on s'havien extret, i eliminar la part de fusta on havia penetrat l'òxid.

[13] Reconstrucció del buc en pla, sobre els calcs (Fotografia: Albert Vila, Rut Geli i Pol Camps).

### RESTAURACIÓ I MUNTATGE DE LA BARCA

A partir del projecte *Proposta de conservació-restauració de la barca Les Sorres X. Castelldefels. Baix Llobregat* redactat per Caterina Aguer l'any 2017, es van elaborar

les prescripcions tècniques per a la contractació d'un equip de restauració extern, on quedaven descrites les intervencions a realitzar: la restauració de les fustes, el muntatge de les restes de l'embarcació i la necessitat de crear una base de recolzament provisional que permetés fabricar un suport definitiu per exposar-lo, reproduint el llit de sorra en el que va ser trobat durant la excavació, tal i com estava previst al projecte museogràfic.

L'equip format pels conservadors-restauradors Albert Vila i Pol Camps, l'arqueòloga especialitzada en patrimoni subaquàtic Rut Geli, i la col·laboració de la restauradora Maria de la Fuente, van treballar dins les naus de les Drassanes, des del 22 de gener fins el 4 setembre de l'any 2018, a l'espai on s'havia de construir l'àmbit expositiu *Les Sorres X, un vaixell medieval*.

Disposar d'aquest espai, abans de construir la museografia, va permetre fer tot el procés de restauració i de muntatge dins el museu. Hi havia espai suficient per desplegar tots els plànols, tenir totes les safates amb les peces encara embolcallades, disposar de taules de treball per a la seva restauració i per construir la base provisional, que havia de servir com a model per a la fabricació del suport definitiu sobre el que quedaria exposat. Un cop finalitzat el procés de restauració i decidit el sistema de muntatge, es van poder instal·lar les restes de la barca sobre el suport definitiu, al lloc on quedaria exposat. Tota la museografia es construiria després.

### LA RESTAURACIÓ DE L'EMBARCACIÓ

Per a la restauració es va comptar amb tota la documentació generada en el moment de l'excavació: la planimetria del vaixell, els calcs de cada una de les peces a escala 1:1 i totes les fotografies. Es va poder fer una estesa de tots els calcs de l'excavació per anar reconstruint totes les parts de l'arquitectura naval, <sup>13</sup> mentre es feia un treball exhaustiu de documentació fotogràfica i s'identificaven els fragments de cada peça. Calia posar en ordre més de 900 fragments, alguns fixats amb grapes d'acer, altres amb escuradents de fusta i alguns solts. Es va fer una fitxa de cada peça i es van siglar totes, inclosos els fragments que per algun motiu després no anirien exposats, ja fos per no tenir cap punt d'unió amb altres peces o per quedar fora de l'estructura del buc.<sup>14</sup> <sup>14</sup>

Es va començar eliminant l'excés de PEG amb pistola d'aire calent per a les capes fines i amb vaporitzadors d'aigua per estovar els gruixos més importants, retirant després l'excés de polímer amb draps de cotó, espàtules i bastons de fusta. Al mateix temps, es van eliminar mecànicament les restes de ferro i de corrosió, amb eines de tall i micromotor,



i amb material quirúrgic es van treure les eflorescències, intentant treure poca quantitat de fusta perquè els orificis excessivament grans dificultarien el posterior muntatge del vaixell. Les quadernes tenien un elevat nombre de claus: els de fixació del folre, els que unien els medissos amb les estameneres i els que fixaven els elements superiors. Es va decidir no aplicar cap altre tractament a les zones on havia eflorescències i que es faria seguiment si en tornaven a aparèixer. A partir de noves anàlisis, i segons la seva evolució, es valoraria quin hauria de ser el tractament més adient per aturar el procés d'acidificació.

Per a la unió dels fragments es va utilitzar un adhesiu epòxid en pasta (*Araldit fusta SV 427* i enduridor *HV 427<sup>®</sup>*), per reomplir els espais on les fustes no feien contacte a la zona d'unió; calia que aguantés el pes dels fragments i que tingués bona resistència mecànica. En algunes quadernes va caldre reforçar la unió amb tiges de fibra de vidre de 8 mm i de fibra de carboni de 4 mm. Es va fer la reintegració cromàtica amb pintures acríliques. És important recordar que, des de la seva consolidació, les característiques químiques, físiques i mecàniques de la fusta havien canviat. Ara, el material que li donava consistència i que mantenia la forma de la fusta, era el polietilenglicol que s'havia solidificat al seu interior. Per tant, s'havia reduït la capacitat d'adherència entre els fragments de fusta i el pes de l'alzina era superior.

## EL MUNTATGE

El muntatge de la barca es va fer primer en pla, començant per l'eix longitudinal de la part inferior del buc (folre inferior: la carena, la paralla i el folre fins les escoes), continuant amb l'arquitectura longitudinal del vaixell (parts del folre), per a després continuar amb les quadernes i, finalment, amb els elements longitudinals interiors (paramitjal, paramola i sobreescoes interiors i exteriors). Les sobreescoes eren els elements que estaven en pitjor estat de conservació, amb una deformació considerable i faltaven fragments. Les parts més fragmentades del folre es van consolidar després de les quadernes.<sup>15</sup>

Un cop estaven presentades les peces centrals, es va començar a construir el suport provisional. Es van utilitzar blocs de polièster expandit (EPS) de 20 Kg/m<sup>3</sup> de densitat; un material inert, fàcil de tallar i de manipular que no es deformaria amb el pes. Va ser una feina delicada i complexa que va caldre repetir varies vegades, mentre s'anava modificant el suport amb falques per adaptar-lo a les peces i a l'estructura. A la vegada que se li donava la inclinació al suport, s'havia d'adaptar a l'ondulació longitudinal que indicava la forma de les pròpies peces; si no es feia així, després no era possible encaixar els



[14] Eliminació de l'excés de PEG amb aire calent, mentre s'avança en la presentació de peces sobre el suport provisional (Fotografia: Albert Vila, Rut Geli i Pol Camps).

altres elements. Calia muntar tota la estructura sense comptar amb cap element de fixació original, i respectant la deformació de les fustes, la inclinació i la posició que tenia al buc a l'excavació. Va ser un procés lent, donat que s'havia de treballar de forma empírica, fent correccions de la base i acabant de consolidar algunes unions amb la peça sobre el suport. Una premissa important era que totes les peces s'havien de poder desmuntar i tornar-les a muntar; la idea central era que el sistema de muntatge havia de ser reversible.

Per al muntatge es van utilitzar visos d'acer inoxidable *A4 Marine* (composició amb carboni i crom que permet obtenir un aliatge amb bona resistència mecànica), aprofitant els forats dels elements de fixació originals. En alguns punts es van utilitzar clavilles de faig estriades, per salvar la distància on el paramitjal quedava flotant i per evitar la tensió mecànica.

El suport provisional de blocs d'EPS, s'havia anat modelant a la vegada que es reconstruïa la forma del buc. Aquest suport servia com a base de recolzament de les peces i per evitar tensions entre elles, però es tractava d'un suport inestable que no servia com a suport definitiu d'exposició; tot i així, va ser un element imprescindible per saber com havia de ser el suport definitiu.<sup>15</sup>

Sent impossible fer un escaneig 3D de la part inferior del buc per fabricar el suport d'exposició, es van fer tres escaneigs amb làser 3D:<sup>16</sup> un de la part interior del buc

<sup>15</sup> El procés de restauració i de muntatge estan explicats amb detall a: VILA, A.; CAMPS, P.; GELI, R. *Informe sobre la conservació i restauració de la barca de les Sorres X de Castelldefels*, 2019.



sense les quadernes, un altre del suport provisional (després de treure tots els elements del vaixell, excepte les escues) i l'últim sols dels blocs d'EPS. Per poder fer aquest registres d'imatges del suport provisional, va ser necessari desmuntar totes les peces de la barca. <sup>16</sup>

A partir d'aquests núvols de punts es va generar el model 3D que es va utilitzar per mecanitzar el suport definitiu. Es va fabricar amb poliestirè extruït XPS de 30 mm i respectant l'estructura en blocs, per què calia que es reproduïssin els mateixos punts de recolzament que al suport de treball.

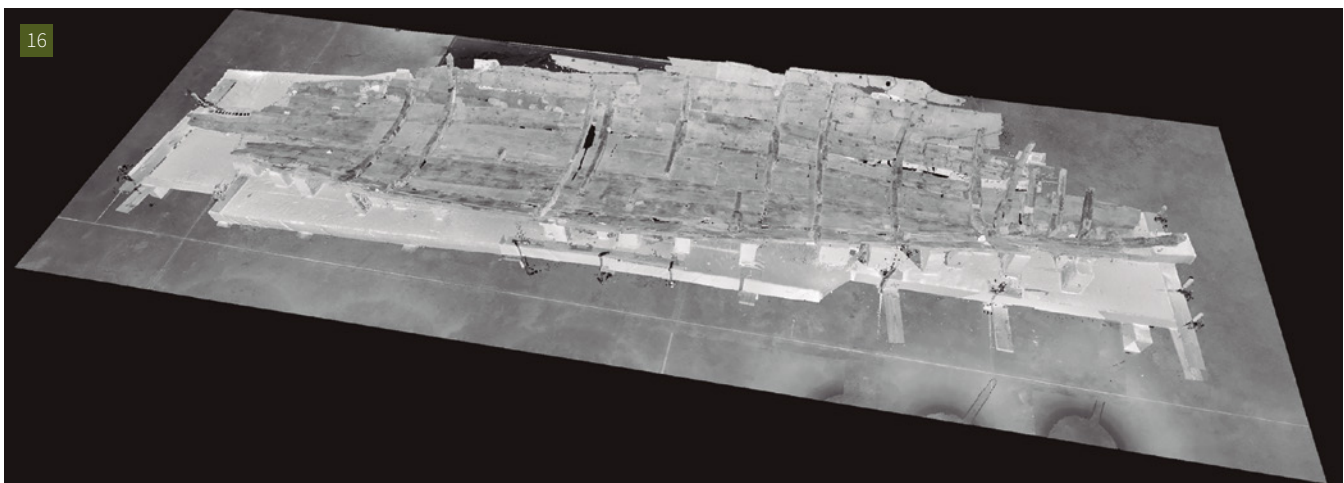
A partir d'aquests núvols de punts es va generar el model 3D que es va utilitzar per mecanitzar el suport definitiu. Es va fabricar amb poliestirè extruït XPS de 30 mm i respectant l'estructura en blocs, per què calia que es reproduïssin els mateixos punts de recolzament que al suport de treball.

Un cop instal·lat el nou suport al lloc on s'havia d'exposar les restes de *Les Sorres X*, es van posar làmines d'escuma de polietilè de color negre, com a material de conservació, entre el suport i la fusta. Complia la funció d'ocultar el suport, cobrir els espais buits i reomplir cromàticament els espais on mancava fusta.

El sistema expositiu va condicionar que algunes parts de l'embarcació no s'exposessin: algunes taules del folre, petits fragments siglats però que, per manca de continuïtat, quedaven solts i fragments de taules sense identificar; així com les peces de la quilla que, al quedar encaixada dins l'estructura del suport, no eren visibles. Es va considerar

[15] Les restes de *Les Sorres X* sobre el suport provisional, tal i com aniria exposat (Fotografia: Albert Vila, Rut Geli i Pol Camps).

<sup>16</sup> Capturades amb escàner làser *Faro Focus 3D*.



[16] Imatge 3D enregistrada amb l'escàner làser (Fotografia: Digit Enginyeria de Sistemes Audiovisuals SL).



[17] Peces i fragments no exposats que, actualment, estan a les reserves del museu (Fotografia: MMB).

més convenient guardar aquestes peces a les reserves del museu. Per emmagatzemar-ho es van fer uns suports rígids per a les peces grans i safates de cartró ploma numerades dins contenidors de polietilè per als petits, etiquetant cada caixa i element d'emballatge per facilitar la seva revisió i seguiment, amb la nomenclatura de referència, i tenint en compte que alguns d'aquests fragments tenen també els deterioraments detallats anteriorment. L'agulla del timó, que estava fragmentada i en mal estat de conservació, es va guardar dins un contenidor de polietilè, condicionat amb espuma de polietilè i teixit de polipropilè.<sup>17</sup>

### LA CÀRREGA

En relació amb les restes ceràmiques que formaven part de la càrrega, només es va restaurar la gerra núm. 3 per que s'havia d'exposar, sense fer una reconstrucció completa, i el fragment de ceràmica de la gerra núm. 6, on hi ha una marca de terrisser. Es va fer neteja superficial de les altres restes arqueològiques que ara estan exposades: algunes escates de peix, el bloc de sorra que conserva part del l'esparg trenat, una vèrtebra de peix i un grup de petites branques de l'estiba.<sup>17</sup> Tots els recipients ceràmics van arribar al museu parcialment restaurats, amb alguns fragments fixats amb adhesiu i altres immobilitzats amb gasa i guix. La gerra que es conservava més completa ja havia estat restaurada i està actualment al Museu de Gavà.

A tots els objectes no exposats sols se'ls va fer una neteja superficial, la documentació fotogràfica de tots els fragments i es van substituir els material d'emmagatzematge per contenidors de polietilè.

### LA MUSEOGRAFIA ACTUAL

L'any 2018, ja amb les restes de la barca instal·lades sobre el suport definitiu, es va protegir amb una estructura senzilla, construint la museografia al seu voltant. Un projecte diferent a la resta dels espais expositius del museu, pensat i dissenyat per explicar aquest derelict. Crear un entorn que el separa del museu i l'obre cap a la muralla. Amb poc text, però amb molts recursos visuals, situa als visitants a l'espai i el temps en que va quedar enfonsada la barca, i els hi explica els processos de la excavació, la restauració i el muntatge.<sup>18</sup>

El projecte de l'estudi Rocamora Diseño & Arquitectura integra la muralla del segle XIV a l'espai expositiu, allargant al terra de còdols que envolta el derelict fins els patis exteriors i la muralla. La construcció de la museografia està feta amb planxa de ferro, inclou dos audiovisuals i una gran lona amb un paisatge que ens vol situar als aiguamolls del Llobregat. El terra de la museografia està elevat en tot l'àmbit per a que l'espectador estigui per sobre del jaciment i, així, tingui una bona visió de l'interior de la barca. La planxa de ferro del terra es corba cap amunt al voltant de *Les Sorres X* i de les altres dues embarcacions, creant una barrera física entre les peces i els visitants.

La distància entre el terra on se situa el visitant, fins al derelict està ple de còdols de color clar, que substitueixen la sorra del jaciment.<sup>18</sup> Els blocs de material volumètric que s'afegeixen entre els còdols permeten donar-li a aquest terra la forma de monticles. Per impedir la entrada dels còdols dins la estructura del suport expositiu, es

<sup>17</sup> VILA, A.; CAMPS, P.; GELI, R. *Informe sobre la conservació...*

<sup>18</sup> Per part del MMB aquest projecte va ser liderat pel Director General del MMB Sr. Roger Marcet, fins a la seva jubilació l'any 2018. A partir d'aquell moment el projecte va ser liderat i executat sota la gestió de la Sra. Elvira Mata com a Directora General en funcions.

[18] Acordant la solució per ocultar el suport expositiu (Fotografia: MMB).



<sup>19</sup> Maqueta realitzada per Josep Marín i Antoni Casals, de l'Associació d'Amics del MMB, a partir del plànols facilitats per Marcel Pujol i comptant amb el seu assessorament.

<sup>20</sup> La *Madrona* és una embarcació a vela que pertany a la família del llagut, la barca tradicional de pesca més utilitzada a les costes catalanes. La barca tradicional de pesca més utilitzada a les costes catalanes. Sota aquesta denominació genèrica s'engloba una gran quantitat d'embarcacions de característiques semblants, amb petites variacions en funció dels caladors on pescaven i de les arts de pesca emprats.

<sup>21</sup> Els caros d'art eren embarcacions de la família dels llaguts que no tenien pal, eren llargues i estretes, amb quilla robusta i es-cues, que s'utilitzaven per pescar a prop de la platja.

va protegir tot el seu perímetre amb làmines rígides de polietilè de color negre. Després es van cobrir les parts visibles del suport blanc amb teixit de polipropilè negre.

A la part oposada al finestral, la planxa del terra puja fins a 2 m d'alçada. Aquesta paret incorpora en quatre cavitats una pantalla amb un vídeo del procés de restauració i tres vitrines: un model a escala 1:20,<sup>19</sup> la part que es conserva de la gerra núm. 3 i algunes restes orgàniques trobades al jaciment. A la part del fons, en mig del terra de còdols, estan exposades dues barques de pesca tradicional de principis del segle XX, amb moltes semblances constructives amb l'embarcació medieval: la palangrera *Madrona*, una embarcació a vela que pertany a la família del llagut<sup>20</sup>, que va ser construïda a Badalona l'any 1924, i el caro d'art *Papet*,<sup>21</sup> que sols navegava a rem, construït per Josep Vieta i Pons a Blanes l'any 1907. Encara que el projecte inicial incloïa una reproducció tridimensional de mida real del Sorres X, que havia d'anar penjada a l'aire sobre les restes trobades a l'excavació, finalment es va descartar, considerant que la maqueta i les dues embarcacions incloses dins l'exposició donen prou informació a l'espectador per saber com era la barca del segle XIV.

### CONSERVACIÓ PREVENTIVA (2018-2022)

Com d'altres derelictes europeus, *Les Sorres X* està exposat sense vitrina. L'espai expositiu de les naus és un espai amb bones condicions de tancament que amorteix el clima exterior, que disposa d'un sistema de climatització general i que el finestral del museu disposen de filtres que bloquegen la radiació UV un 99% i redueixen la transmissió lumínica al 39%.

Des del moment en què es va inaugurar la exposició, es van establir varies tasques de seguiment de les restes de la barca que està exposada: fer revisions setmanals per a la detecció d'incidències, anotar registres màxims i mínims setmanals de les variacions climàtiques de la HR i de la temperatura, fer fotografies de zones concretes per a poder observar en pantalla possibles canvis o l'aparició d'alteracions, marcar sobre plànols la localització d'aquestes alteracions i fotografiar en diferents moments de l'any quines són les zones on incideix la llum solar.

El seguiment de les condicions climàtiques al lloc on està exposat, es fan amb un termo-higròmetre amb sonda TFA, que té pantalla digital amb memòria per registres de màxims i mínims. La base del termo-higròmetre està



situada al lateral de babord, la zona més propera a la vidriera i allunyat de l'accés dels visitants, i la sonda està situada dins el buc, a la banda d'estribord de la paramola. Des de març l'any 2021 disposem d'un sensor *Testo 50 Tuca*® penjat a una de les parets de l'espai expositiu, que ens permet fer un seguiment constant, ja que registra cada hora la humitat relativa i la temperatura. Actualment, s'està estudiant com millorar les condicions de l'espai per aconseguir un entorn més estable.

Després de fer durant un any el seguiment de la incidència de la llum en aquest espai, es va substituir el filtre de la franja del finestral, per on entrava la llum que incidia sobre el derelict, per un filtre més opac, que permet sols l'entrada del 13% de transmissió de la llum (*Sentinel Plus Stainless Steel 15 OSW*®).

Les revisions setmanals ens han permès observar que, tot i no estar protegit per una vitrina, no es produeixen incidències per part dels visitants, excepte l'aparició puntual d'algun còdol dins el buc. Fins aquest moment, la única alteració que s'ha observat és l'aparició d'eflorescències blanques en punts i fragments concrets de la fusta.

### SEGUIMENT DE LES EFLORESCÈNCIES

El mes d'octubre de 2018 varen sorgir eflorescències blanques en punts molt concrets. Des d'aquell moment, s'ha fet un seguiment d'aquestes eflorescències, tant de la seva localització com del seu aspecte, senyalitzant-les sobre un plànol general i fent fotografies de detall, per comprovar si hi ha variacions en la quantitat i en altres característiques visibles. Periòdicament, es repeteixen les fotografies de les mateixes zones per tal de comparar les imatges en pantalla i comprovar si s'han produït canvis. Segons els seu aspecte podem diferenciar: per una banda, petits punts blancs als forats de claus dels sobre-escoes i alguns del paramitjal, <sup>19</sup> alguna concentració de punts més abundant a l'extrem d'alguna quaderna i, per altra banda, un polsim blanc molt fi sobre alguns fragments de quaderna i del folre. Sols hi ha alguns fragments del derelict on la seva presència és destacable, com per exemple, la part d'estribord del medís de la quaderna 14, situada a la zona de popa, i una peça de la sobre-escoa exterior de la part de babord, on coincideix amb la quaderna 35. En aquest moment podem afirmar que són eflorescències localitzades, que apareixen sols en zones concretes i que el seu aspecte ha variat poc durant el temps que porta exposat.

El mes de març de 2019, el grup d'Anàlisi de Materials de

Patrimoni Cultural (AMPC), format per Salvador Butí, Nati Salvadó i Núria Jiménez, del Departament d'Enginyeria Química, de la UPC-BarcelonaTech, va fer una presa de mostres de les dues peces on hi havia una concentració més gran d'eflorescències. Els resultats de les anàlisis van confirmar que la seva composició era similar a la de les mostres analitzades l'any 2017.

Les eflorescències ara analitzades estaven compostes, bàsicament, per una mescla heterogènia de partícules que contenen proporcions variables de sofre, sodi, potassi, ferro i, en alguns casos, calci. Destacaven partícules formades únicament per sofre. Per espectroscòpia d'infraroig es va determinar la presència de diversos sulfats de ferro, com ara la rozenita ( $\text{FeSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) i jarosita ( $\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$ ), i altres poc definits, així com sulfats de calci i carbonats de calci. Per altra banda, també s'hi va determinar el polietilenglicol procedent del tractament d'impregnació.

Actualment, aquest equip de recerca està aprofundint en l'estudi de les eflorescències emprant altres tècniques complementaries, com són la micro-difracció de raigs X, la micro-fluorescència de raigs X i la micro-espectroscòpia d'infraroig basades en llum sincrotró, per analitzar mostres extretes tant de la peces de fusta exposades com d'alguns dels fragments no exposats. El fet de tenir accés a fragments no exposats, permet fer una selecció més acurada de les mostres i observar les eflorescències i les partícules a l'interior de la fusta amb més deteniment.



[19] Una de les zones de les que es fa seguiment fotogràfic de les eflorescències (Fotografia: MMB).

Són molts els derelictes tractats amb PEG que presenten aquest problema, i molts els estudis científics que s'han publicat de cadascun d'ells. Tot i haver-hi unes causes comunes, cadascun té característiques peculiars a causa de l'entorn on s'havia conservat, el tipus de terra, la presència o no de llots, el tipus de fusta, etc. Amb aquest projecte de recerca esperem conèixer millor el procés de deteriorament que s'ha produït dins la fusta del derelict *Les Sorres X*, recollint les dades necessàries per entendre el grau d'afectació, com s'estan produint les eflorescències, en quin moment està el procés i quins són els factors que el condicionen, per saber quines hauran de ser les accions necessàries per poder-ho aturar. Pensem que el seu estudi pot contribuir a millorar els processos de conservació i de restauració de la fusta d'altres derelictes.

A part de les anàlisis i la documentació de les eflorescències, també forma part de les rutines de seguiment eliminar les eflorescències superficials quan es fa la neteja de la pols a finals d'any, per tal de començar un nou període de seguiment a partir de gener. Això permet observar la seva evolució i comprovar si tornen a sortir en els mateixos punts, en quin moment de l'any i si han variat les característiques visibles.

Les revisions, les tasques de seguiment i els estudis que s'estan realitzant tenen com a finalitat elaborar propostes per a millorar la estabilitat de l'entorn i per valorar la necessitat de realitzar algun tractament de conservació-restauració. Esperem que el fet de disposar d'una part de fustes sense exposar, així com d'altres materials arqueològics diferents a la fusta, com són l'agulla de timó, la ceràmica i el bloc de sorra amb espart, ajudin a completar el seu estudi.

### AGRAÏMENTS

Voldríem remarcar que si ha estat possible l'estudi de *Les Sorres X*, la seva preservació i la seva difusió, ha estat gràcies a l'esforç col·lectiu. Gràcies a totes les persones que han participat en cada un dels equips i que han fet possible: la protecció del jaciment, una excavació d'urgència, una documentació exhaustiva, l'estudi arqueològic del derelict i de la seva càrrega, un desmuntatge complex i una intervenció de neteja en condicions força adverses; així com, també, la planificació i coordinació de les intervencions, el disseny i la construcció del dipòsit, el seguiment dels tractaments de dessalació i de consolidació de la fusta. La creació d'equips per fer una proposta museogràfica, els estudis d'arquitectura naval, la revisió de les alteracions, les anàlisis, la proposta de restauració i de muntatge, la restauració i el complex procés de muntatge fet dins les Drassanes Reials, i l'estudi

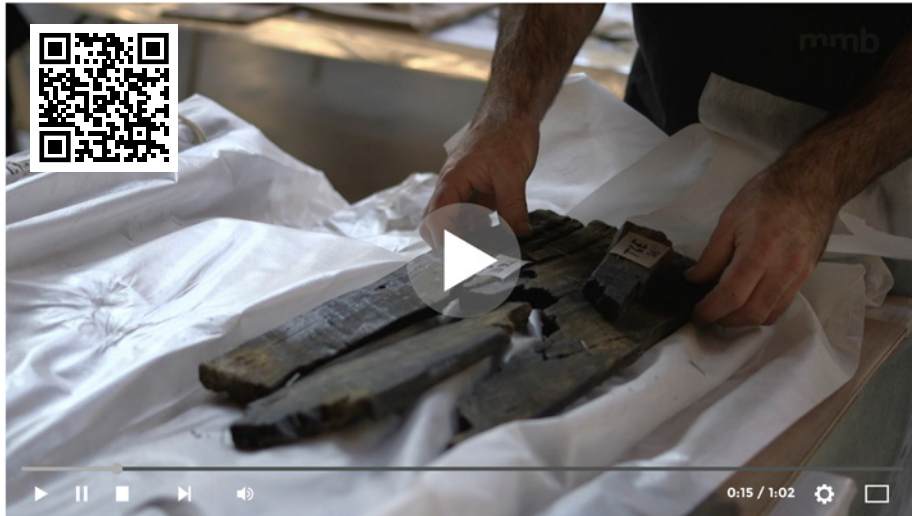
de les eflorescències, han estat altres tasques realitzades per aquest gran equip.

Desitgem continuar comptant amb l'expertesa d'aquests i altres professionals, que segueixin col·laborant amb el Museu Marítim de Barcelona per tal d'ampliar els estudis i per garantir la seva preservació.

## VIDEOS

*“El Museu Marítim restaura l'embarcació Sorres X a la vista”*

(Museu Marítim de Barcelona, Generalitat de Catalunya).

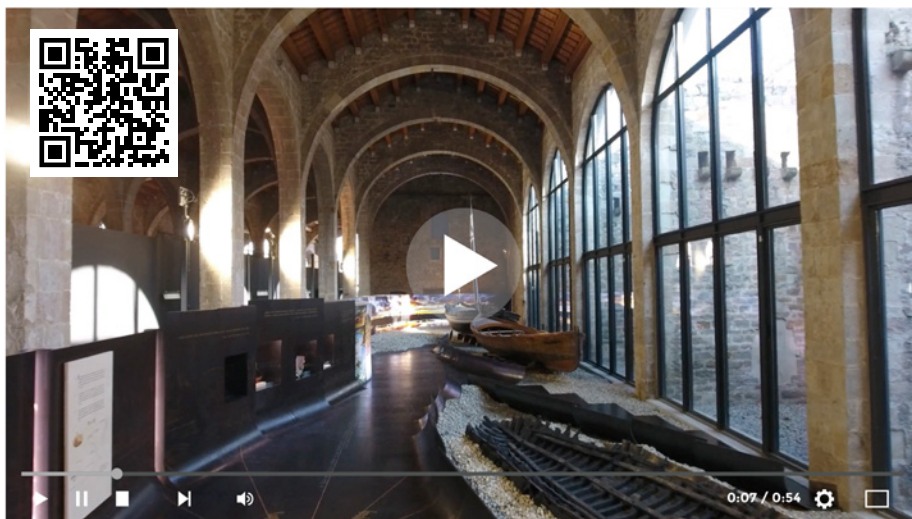


El Museu Marítim restaura l'embarcació Sorres X a la vista

 Museu Marítim de Barcelona, Generalitat de Catalunya

*“Sobrevolamos Les Sorres X en el Museu Marítim de Barcelona”*

(Museu Marítim de Barcelona, producció Dígit Sistemes Audiovisuals SL, disseny Rocamora TM Diseño y Arquitectura).



Sobrevolamos Les Sorres X en el Museu Marítim de Barcelona

 Museu Marítim de Barcelona, Generalitat de Catalunya

## BIBLIOGRAFIA

CORR, S. *Nanotechnology and the Mary Rose* (En línia). <<https://www.sheffield.ac.uk/cbe/research/case-studies/nanoparticles-and-mary-rose>> [Consulta: 29 octubre 2022].

IZQUIERDO I TUGAS, P. "L'ancoratge de les Sorres: el port de la Vall del Llobregat". A: CARRERAS MONFORT, C.; GUITART I DURAN, J.; LÓPEZ MULLOR, A. (coords.). *Barcino*. Vol 2. *Marques i terrisseries d'àmfores al Baix Llobregat*, Barcelona: Institut Català d'Arqueologia Clàssica (ICAC), 2013, p. 309-322.

JOVER ARMENGOL, A. "La consolidación de la madera empapada de la barca Les Sorres X, Castelldefels (Baix Llobregat)". A: ESCALERA UREÑA, A.; PÉREZ GARCÍA, C. (eds.). *X Congreso Conservación Restauración de Bienes Culturales*. Cuenca: Ministerio de Cultura, Secretaría del Congreso de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, 1994, p. 59-67.

JOVER ARMENGOL, A. "Los pecios de Cala Culip (Girona) y Castelldefels (Barcelona). Excavaciones en aguas interiores: La Draga de Banyoles (Girona), Ileso de Guissona (Lleida) y Can Guardiola de Terrassa (Barcelona). *Monte Buciero* (2003), núm. 9, p. 381-397.

KIRSTY, E. "A review of analytical methods for assessing preservation in waterlogged archaeological wood and their application in practice". *Heritage Science*, (2020, corrected 2021), p. 1-33.

MARCET BARBÉ, R. "La musealització de les restes de l'embarcació del segle XIV "Sorres X" de Castelldefels". *Drassana. Revista del Museu Marítim de Barcelona* (2007), núm. 15, p. 132-135.

MARTÍN LÓPEZ, A. "Les Sorres X" i "Glosario y cuadro comparativo de términos náuticos". A: *La galera en el horizonte mediterráneo de la tardoantigüedad imperial al triunfo de las repúblicas marítimas (Arqueología, documentación e iconografía)*. Director: Manuel Antonio Martín Bueno. Tesis doctoral. Madrid: Ed. Ministerio de Defensa, 2013, p. 90-95 i p. 203-207. Disponible en línia a: <[https://publicaciones.defensa.gob.es/media/downloadable/files/links/l/a/la\\_galera\\_en\\_el\\_horizonte\\_mediterraneo.pdf](https://publicaciones.defensa.gob.es/media/downloadable/files/links/l/a/la_galera_en_el_horizonte_mediterraneo.pdf)> [Consulta: 29 octubre 2022].

MARTINEZ CARBALLAL, X. "Tractament de post liofilització per a la prevenció de l'acidificació en fusta arqueològica amarada d'aigua. El cas del vaixell gal·loromà LSG4". *Unicum* (2018), núm. 17, p. 77-84.