

Bienes Arqueológicos //

La restauración, la musealización y la conservación preventiva de *Les Sorres X*.

Este artículo intenta recoger toda la información que está relacionada, directa o indirectamente, con la preservación de los restos arqueológicos de la barca *Les Sorres X*. Necesitamos entender cuál ha sido el proceso de transformación de la madera, desde la excavación a su musealización; conocer todas las decisiones que se han tomado y saber qué acciones se han llevado a cabo. Todos estos datos son importantes para prever cuáles son los factores, internos y externos, que pueden poner en riesgo su conservación.

M. Teresa Sala Pietx. Licenciada en Bellas artes, especialidad de Restauración de Bienes Culturales, por la Universidad de Barcelona en 1985. Técnico superior en conservación-restauración en el *Museu Marítim de Barcelona*.
salapt@mmb.cat
Código Orcid: 0000-0003-2692-1118

Palabras Clave: patrimonio marítimo, pecio, yacimiento, preservación, restauración, museo.
Fecha de recepción: 29-XI-2022 > **Fecha de aceptación:** 12-XII-2022

INTRODUCCIÓN

El proceso de conservación del pecio *Les Sorres X* empezó en el momento en que la arena cubrió sus restos hundidos, en un estanque del delta del río Llobregat. Los casi dos metros de arena que lo cubrían, y el progresivo alejamiento de la línea de costa, crearon un entorno estable que permitió la conservación de la madera y otros restos arqueológicos. Protegidas de la erosión, la ausencia de luz, la falta de oxígeno y de actividad biótica, se inició un proceso de transformación de los materiales orgánicos y su adaptación a un nuevo medio.

Para entender la problemática que implica la conservación de este pecio, hay que tener en cuenta las condiciones externas en las que ha estado, los cambios físicos y químicos que se han producido dentro de los materiales, las intervenciones de desmantelamiento y de montaje, así como los tratamientos de conservación y de restauración que se han realizado desde su descubrimiento, ahora hace más de 30 años. Su conservación ha sido siempre un trabajo en equipo: han participado muchos profesionales y de perfiles muy diferentes, que han aportado sus conocimientos y propuestas. Todas las acciones y los estudios que se han realizado han sido importantes, todos forman parte de un esfuerzo colectivo que ha velado por su preservación.

Actualmente está expuesto en el *Museu Marítim de Barcelona*, como pieza protagonista del ámbito *Les Sorres X. Un vaixell medieval*, donde los visitantes pueden disfrutar de una de las pocas barcas medievales destinadas al transporte de mercancías que se conserva en el Mediterráneo. El texto, los audiovisuales y los objetos expuestos explican cómo era la navegación de cabotaje y cuál era el sistema de construcción naval que se utilizaba en la segunda mitad del siglo XIV.



De este modo, el museo cumple con su objetivo de hacer difusión del patrimonio arqueológico marítimo, a la vez que se compromete a seguir velando por la conservación de este pecio, colaborar en estudios de investigación que pueden aportar nuevos datos y ayudar a garantizar su preservación.

¹ En el nivel freático, el lugar donde se encuentra el agua subterránea, la presión del agua del acuífero es igual a la presión atmosférica.

² Sistema que se basa en la succión del agua subterránea a través de un generador de vacío, al cual están conectados una serie de dispositivos verticales de captación.

³ La memoria de la excavación contextualiza y describe ampliamente las dificultades técnicas que supuso esta excavación de urgencia.

EL YACIMIENTO

El yacimiento arqueológico de *Les Sorres* corresponde a una antigua área marítima que se encuentra actualmente tierra adentro, alejada más de un kilómetro y medio del mar, entre los municipios de Castelldefels y Gavà. Una franja de tierra formada por arenas fluviales y marinas, de más de 6 Km de largo y con una anchura de 800 m. Esta zona deltaica había sido en la Antigüedad un estuario, utilizado como puerto de anclaje, donde los barcos podían fondear y ser cargados y descargados, desde el siglo IV a.C., según indican los objetos más antiguos que se han encontrado.

A raíz del incremento de la construcción urbanística en los años 60 y 70 del siglo XX, se hicieron grandes extracciones de áridos por toda la llanura deltaica, localizándose muchos restos arqueológicos, que lo documentan como un lugar donde las naves anclaban repetidamente, y se identificaron hasta nueve embarcaciones, de las que no se conservó ningún elemento estructural, dado que no se había hecho nunca ninguna excavación arqueológica sistemática. En 1983 se iniciaron los trámites para la protección del yacimiento, con su inclusión en el inventario arqueológico subacuático de Cataluña y, en 1986, se denegó la apertura de nuevas extracciones de áridos.

El día 26 de septiembre de 1990, mientras se estaba trabajando en la construcción de un canal artificial para las pruebas de piragüismo de las Olimpiadas de 1992, a una cota de 1,58 m por debajo del nivel del mar, una excavadora tocó la parte superior de la estructura de una barca. Afortunadamente, advertidos por el *Departament de Cultura* de la Generalitat y el *Museu de Gavà* sobre la potencialidad de la zona, las obras se desarrollaban con cuidado. Una vez comprobado que se trataba de una embarcación hundida, se hizo cargo el *Departament de Cultura* de la Generalitat y el *Centre d'Arqueologia Subaquàtica de Catalunya* (CASC), que en aquel momento estaba en proceso de constitución. La excavación se llevó a cabo bajo la dirección de Xavier Nieto, con un equipo formado por Xim Raurich, Marcel Pujol, Anna Jover, Pere Izquierdo, entre otros, y con Albert Martín y Eulàlia Barraseta como directores de la excavación.

UNA EXCAVACIÓN DE URGENCIA

El hecho de encontrarse dentro de una capa freática¹ de elevada permeabilidad, había hecho posible mantener la humedad constante que favoreció la conservación de la madera, pero, en el momento de la excavación, esto se convirtió en un problema. El afloramiento continuo del agua convertía la zona de la excavación en un embalse, motivo por el que fue necesario hacer un cierre perimetral y extraer el agua mediante la instalación de un *well point*,² que funcionaba día y noche, hasta convertir el yacimiento en una excavación terrestre. Para evitar el secado de la madera se mantuvo siempre húmeda utilizando el agua del canal de remo.

El problema principal para su conservación fue sacar los restos de la embarcación de allí, porque tenían que continuar las obras del canal. Por este motivo, se tuvo que plantear como una excavación de urgencia. Se trabajó bajo la presión de tener la infraestructura lista a tiempo para las Olimpiadas de Barcelona de 1992. Por este motivo, los trabajos arqueológicos tenían que convivir diariamente con el adelanto de la construcción. Se hizo en menos de tres meses, en pleno invierno, con fuertes bajadas de temperatura, distribuyendo el trabajo en dos turnos y con alumbrado artificial.³

EL PECIO

Solo se conservaba la parte del fondo del casco, escorado hacia el lado de estribor, con la parte de proa más elevada, rota por la excavadora, y la popa a más profundidad. Los restos del pecio tenían una longitud de 8 m y una anchura máxima de 1,60 m. Los estudios de arquitectura naval concluyeron, posteriormente, que se trataba de una embarcación de pequeño cabotaje destinada al transporte de mercancías, de formas similares a un laúd, de unos 9,5 m de eslora y 1,9 m de manga. Por las medidas, podía tener hasta cinco o seis remos por banda, y la situación de la carlinga indicaba que tenía solo un palo, seguramente aparejado con vela latina. Se conservaba, aunque muy deteriorada, la concreción férrica de la aguja del timón. La carga eran jarras con restos de conservas de pescado, sobre una cama de esparto. Fue la cerámica de la carga la que permitió datar el pecio en la segunda mitad del siglo XIV.

CONSERVACIÓN IN SITU (1990)

Inevitablemente, la excavación rompió la estabilidad del medio donde se había conservado durante 600 años, un terreno formado por arenas finas y limos de aportaciones fluviales del mismo río. Los sedimentos sobre los que reposaba el pecio estaban compuestos básicamente por turba, lo que indicaba que se hundió en un estanque.

Las tareas de conservación las dirigió Anna Jové, como química especializada en conservación de maderas húmedas, y contó con la colaboración de los alumnos del *Taller-Escola de Rehabilitació del Patrimoni del Laberint d'Horta*. El proceso de la excavación y la decisión de las medidas de conservación que se tenían que tomar *in situ*, fueron unos de los momentos más delicados.

El estado de conservación del barco, como estructura, era malo, debido a la fragmentación de algunas partes, a la transformación de los clavos de hierro en óxido y de las cabillas de madera que ya no cumplían su función de unión. La falta de sujeción entre los elementos constructivos hizo necesario su desmantelamiento. Había que desmontar todas y cada una de las piezas, para trasladarlas en el laboratorio que tenía el *Centre d'Arqueologia Subaquàtica de Catalunya* (CASC) en Girona, unas instalaciones especializadas en conservación y restauración de materiales arqueológicos húmedos de naturaleza orgánica.

A pesar de que el estado de conservación de la madera en general era bueno, dependiendo del elemento arquitectónico, según su situación en el yacimiento y de la especie de la madera utilizada para su construcción, el estado de conservación era diverso. Presentaban un buen grado de conservación: la quilla, la tabla de la quilla y los carenotes que eran de ciprés, la sobrequilla que era de olmo, y la carlinga de pino. El forro de pino que tenía una capa de brea en su interior, también se conservaba bastante bien. La madera de encina de las cuadernas parecía estar bien conservada, pero tanto las varengas como los genoles estaban muy fragmentados debido a la presión de la arena. ¹ [pág.59] Los palmejares interiores y exteriores, hechos de pino, eran los elementos que estaban en peor estado de conservación. No se pudieron recuperar las tablas del sollado, ² [pág.60] a causa del avanzado estado de descomposición de la madera, débil y muy fragmentada. Ningún elemento había sido atacado por los xilófagos gracias al ambiente anaeróbico.

A pesar de su aspecto externo de solidez, comparable a una

madera actual empapada de agua, era una madera mecánicamente débil debido a la transformación de su estructura interna, que solo podía mantener su forma mientras los espacios celulares estuvieran saturados de agua. Se habían producido cambios químicos irreversibles dentro de su estructura celular: de los componentes principales se conservaba la lignina y parte de la pectina, pero prácticamente habían desaparecido los carbohidratos, la celulosa y la hemicelulosa.⁴ Por lo tanto, era básico evitar cualquier tipo de secado o pérdida de agua; así que, mientras duró todo el proceso de excavación y de desmontaje, se mantuvo la humedad de saturación rociándola con micro-aspersores y mangueras.

En el interior de la barca había restos de la estera de esparto trenzado que recubría la parte interna del casco, el esparto que envolvía las jarras encontradas en el lado de popa, fragmentos de cerámica y pequeñas de ramas de sarmiento de viña, que tenían la función de proteger e inmovilizar la carga. Del material de estiba solo se pudo conservar un fragmento del esparto trenzado, integrado dentro de un bloque de arena, y algunos sarmientos. De la carga se conservaban los restos de diez jarras, de una misma tipología y con la marca del alfarero, muy fragmentadas e incompletas, escamas de pescado de su contenido y algunos fragmentos cerámicos de otras tipologías.

Todas las decisiones que se tomaron en aquel primer momento, como mantener las maderas cubiertas de agua mientras se preparaba el transporte, decidir cómo se tenían que trasladar, como se tenían que fijar, etc., fueron primordiales para garantizar su conservación; a pesar de esto, no todas las piezas ni todos los materiales se pudieron conservar.

INTERVENCIONES IN SITU

Una vez extraída la arena y vaciada la carga, se tuvo que retirar la cama de esparto, para poder sacar todos los elementos de la estructura.³ [pág.60] Para la futura conservación de la madera era muy importante que la limpieza fuera exhaustiva: había que eliminar toda la arena, todo el lodo, que podía ser foco de fermentación o putrefacción, y toda la pez del calafateado (que podía llegar a tener 2 cm de grosor en algunas zonas), tanto para facilitar la penetración del polietilenglicol (PEG) dentro de la madera, como para evitar que se fundiera en la solución de consolidación. También había que eliminar los restos de los clavos de hierro y el óxido, para evitar que la corrosión impregnara toda la madera durante los baños de desalado y de consolidación. Alrededor de los clavos ya se observaba que la madera tenía menos consistencia. En este sistema de construcción naval, denominado de esqueleto, casi todas las uniones estaban hechas con clavos de hierro; solo algunos elementos longitudinales estaban fijados entre ellos con cabillas de madera,⁵ por consiguiente, había un elevado número de clavos y de corrosión. Por todo esto, la fase de limpieza fue muy lenta y laboriosa. Para mantener unidas las partes fragmentadas se utilizaron palillos, engasados y alambre de acero al carbono templado.⁶ [pág.61]

Simultáneamente al proceso de limpieza, se numeraron y marcaron todas las piezas. Sobre papel de poliéster y con rotuladores resistentes al agua, se dibujaron calcos a escala 1:1 del perfil, las incisiones, las marcas de clavos, sus cabezas y las líneas de fragmentación de cada pieza. Otra parte muy importante de la documentación fue la planimetría

a escala 1:10, que se hizo de todos los elementos y de los detalles. Estos dos documentos han sido imprescindibles para los estudios posteriores y para la reconstrucción de *Les Sorres X*.

Una vez las piezas estaban limpias, documentadas y ya se habían unidos los fragmentos, se ordenaban sobre estantes de madera perforada, donde se iban sujetando con gasa, y se marcaba la numeración de la pieza con tela de algodón y marcadores indelebles.⁵ [pág.61] Para evitar que se secase la madera, y para protegerla de los cambios de temperatura y del sol, estos estantes con las piezas del casco, se pusieron de manera provisional dentro de una zanja cerca de la excavación, forrada con geotextil, llena con agua del mismo canal y todo cubierto con plástico oscuro. Así estuvieron diez días, mientras se acababa la construcción del depósito que tenía que servir para su transporte hasta Girona y para el tratamiento de la madera. A pie de excavación se había construido un depósito de acero inoxidable con suficiente capacidad para hacer el tratamiento de todas las maderas fijadas a los soportes (4,5 m de largo, 1,5 m de anchura y 1,5 m de altura).

CONSERVACIÓN-RESTAURACIÓN EN EL CASO (1990-2011)

El 15 de diciembre de 1990, se trasladó todo el material de la excavación al *Centre d'Arqueologia Subaquàtica de Catalunya* (CASC) entro del depósito de acero inoxidable. Una vez allí, para poder hacer el proceso de consolidación de la madera, se completó la adecuación de este depósito. Para conseguir la correcta distribución del PEG y el mantenimiento de la temperatura, se cubrieron todas las paredes con fibra de vidrio, se añadieron unas resistencias adosadas a la parte externa de las paredes laterales, una bomba de recirculación, un termómetro de tallo y resistencias de hilo en la canalización que comunicaba el depósito con la bomba. También se automatizó su funcionamiento, para mantener una temperatura estable y para asegurar una buena distribución del PEG dentro del baño.

Primero se hizo el proceso de desalado, manteniendo la madera completamente sumergida en el agua y con una circulación constante de agua corriente, durante casi un año. De este modo se eliminaban las sales y, probablemente, se favorecería la inactivación o eliminación de las bacterias que aportaban compuestos de azufre. No se añadieron bactericidas ni fungicidas para que no interfirieran en el proceso de penetración del PEG.

Una vez eliminadas las sales, se comenzó la consolidación de la madera siguiendo la metodología que se había utilizado en el *Culip IV* y en el *Culip VI*.⁷ Teniendo en cuenta la contaminación del agua del yacimiento, por la presencia de materia orgánica y por la tendencia de la encina a descomponerse en contacto con el hierro y el agua, se incrementó la temperatura hasta 50 °C, en un periodo de tiempo más corto que en los dos pecios citados anteriormente, con el fin de anular rápidamente la actuación de los hongos y las bacterias.

Al agua del depósito, donde se mantenían sumergidas las maderas, se le añadió de manera progresiva el PEG 4000,⁸ empezando con una concentración del 10% que se fue incrementando de manera progresiva con un 1% semanal, hasta llegar al 80%, manteniendo la temperatura de la disolución a 60 °C. Por ósmosis, la disolución fue penetrado en

⁴ SIERRA MÉNDEZ, J.L. "La conservación de la madera arqueológica subacuática. Museo y Centro Nacional de Investigaciones Arqueológicas Submarinas", *Monte Buciero* (2003), nº 9 (La Conservación del Material Arqueológico Subacuático), p. 227-266.

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

⁶ El alambre de acero con alto contenido de carbono utilizado para instrumentos musicales, como las cuerdas de piano.

⁷ 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, nº 1), p. 60.

⁸ PEG 4000 es un polímero termoplástico, un agente osmótico obtenido a partir de la polimerización del óxido de etileno. Una cera hidrosoluble que se solidifica al enfriarse.

⁹ Con fecha 14 de noviembre del 2006 se firmó un convenio entre la *Entitat Autònoma Museus d'Arqueologia* y el *Consorti de les Drassanes Reials* en el cual se fijaban las condiciones de cesión en régimen de comodato.

¹⁰ Eric Rieth, director de investigación del CNRS y responsable del Departamento de Arquitectura Naval del Museo Nacional de la Marina de París, y Marc Ginisty, arquitecto naval, que en 2004 habían hecho la reconstrucción hipotética del pecio de Urbietta, en 2008 enviaron la propuesta de restitución y reconstrucción de *Les Sorres X* sobre un soporte. Con un CD que contiene la información de protocolo, de montaje e imágenes de trabajo.

¹¹ En aquel momento se estaban acabando las obras de reforma de las naves y la construcción de las nuevas salas de reserva en el edificio de las *Drassanes Reials de Barcelona*.

de la madera, sustituyendo el agua que había en el interior de su estructura molecular. Para el tratamiento de impregnación, de una duración de dos años, hicieron falta casi cinco toneladas de PEG.

Después de una fase de estabilización, se bajó la temperatura de manera gradual y, a lo largo de 1994, se fueron sacando las maderas del baño. Las maderas necesitaron un periodo de desecación controlada, para su aclimatación al nuevo medio ambiente, hasta que el PEG se solidificó. Finalmente, se sacó el exceso de PEG de la superficie de la madera con trapos mojados con agua caliente.

Una vez finalizado el proceso de consolidación de la madera, se volvieron a presentar los fragmentos de cada pieza sobre los calcos, se fijaron los fragmentos con grapas hechas con acero al carbono templado y se dibujaron las marcas que no se habían observado a pie de excavación. ⁶ [pág.62] Casi todos los fragmentos identificados se marcaron con la nomenclatura de la pieza y el número del fragmento, utilizando un plástico blanco que quedaba fijado con una grapa. Después, se guardaron todas las piezas, embaladas con plástico de burbujas, en el espacio de almacenamiento del mismo centro. Se conservaron en bolsas algunos fragmentos de madera que no tenían ninguna nomenclatura que les atribuyese a una pieza.

PROYECTO DE MUSEALIZACIÓN EN EL MUSEU MARÍTIM DE BARCELONA (2006-2011)

El interés histórico y documental de esta embarcación, como testigo de la vida comercial, de la técnica de construcción naval y de los materiales constructivos utilizados en el siglo XIV, llevó al *Museu Marítim de Barcelona* (MMB) a plantearse su reconstrucción y musealización para que formara parte de la exposición permanente del museo.

Los estudios previos del proyecto de musealización de *Les Sorres X* comenzaron en 2006 con una propuesta de calendario de cuatro años. La idea inicial del proyecto preveía reconstruir los restos conservados, devolverles su forma original e insinuar las partes que faltaban con una estructura, siguiendo los criterios que se habían utilizado para otras embarcaciones con problemática similar, tal como estaban expuestas en otros museos.

Ante la complejidad y de la falta de experiencia a nivel nacional, se creó un equipo interdisciplinario de profesionales que incluía expertos extranjeros, organizados en equipos y comisiones de trabajo. La comisión técnica estaba formada por: Eric Rieth, Marc Ginisty, Marcel Pujol, Anna Jover, Xavier Nieto y David Ros, y con Roger Marcet, Elvira Mata, Enric Garcia, Carmen Vázquez y Gilles Llecha por parte del *Museu Marítim de Barcelona*.

En 2007 se empezó a trabajar en las primeras fases: la recopilación de toda la documentación existente sobre la barca, la redacción de un proyecto reconstructivo, con la construcción de una maqueta de formas y planos, y la redacción del proyecto museográfico. Se creó una base de datos, una recopilación de bibliografía, una compilación de la tabla de planos y se visitaron otros pecios expuestos.

La finalidad era recoger en un dossier toda la información relevante y necesaria, para que los técnicos correspondientes pudieran empezar a trabajar sobre la estructura que soportaría los restos de la barca *Les Sorres X* en su exposición

museográfica. Era una recopilación de información básica sobre el estudio de la embarcación, en las vertientes de la arquitectura naval y de la restauración; incluía carpetas con los planos más importantes, con una compilación de las fotografías del pecio y, finalmente, otra con imágenes de las estructuras que otros museos habían empleado para exponer sus pecios.

Eric Rieth y Marc Ginisty,¹⁰ con la colaboración de Marcel Pujol, trabajaron en el estudio sobre la restitución de las formas y, en 2008, enviaron una propuesta de restitución y reconstrucción sobre un soporte. ⁷ [pág.63] Ellos ya preveían que sería un trabajo complejo a pesar de la gran cantidad de documentación recogida, considerando que algunas imprecisiones solos se podrían resolver en el momento del montaje. Su propuesta era hacer una mínima restitución arquitectónica, siguiendo estrictamente las pruebas arqueológicas, y limitando al mínimo las reconstituciones de los elementos destacados.

El 15 de julio de 2010, cuando el museo se encontraba en proceso de remodelación¹¹ tanto del edificio como de su discurso museográfico, se pidió al *Museu d'Arqueologia de Catalunya* que hiciera efectivo el comodato acordado en 2006, para incluir la exposición de *Les Sorres X* dentro del nuevo proyecto que se estaba diseñando.

Se volvió a reunir parte del grupo de trabajo para decidir cómo se podía exponer (Marcel Pujol, Gilles Llecha, Carmen Vázquez y Enric Garcia) tomando como referencia los sistemas expositivos empleados para otros pecios. En general, cuando se conserva un porcentaje bajo del pecio, se exponen con estructuras metálicas que soportan los fragmentos que se conservan, a la vez que permiten visualizar el perfil y las dimensiones de la embarcación a la que pertenecen.

Pero poco después, el proyecto dio un giro. El nuevo concepto museográfico preveía exponer los restos de *Les Sorres X* simulando cómo se había encontrado en el momento de la excavación, con las piezas de madera apoyadas sobre una base sólida que cumpliera los requerimientos de conservación, sin ninguna estructura externa que reprodujera sus formas, sin vitrina y con una barrera física que las separara de los visitantes.

En 2013, una vez acabadas las obras de rehabilitación de las naves de las *Drassanes Reials*, el museo disponía de un gran espacio expositivo de 8.740 m², con una altura de 16 m en algunos puntos, diáfano, separado solo por columnas y por los desniveles del suelo. Un espacio con una instalación de climatización general: calefacción de suelo radiante en invierno y circulación de aire frío con salidas al suelo en verano, distribuidas por cuatro de las siete naves. Todos los cierres eran nuevos: el techo de las naves con aislamiento térmico, los ventanales con filtros que bloqueaban la entrada del espectro ultravioleta y los vidrios con cámara de aire.

El espacio elegido para exponer el pecio *Les Sorres X* era un piso de cemento elevado, construido sobre unos restos arqueológicos: los cimientos de una máquina de barrenar cañones de 1766. Por este motivo, el suelo de este espacio no disponía de ninguna instalación de climatización. Este espacio de 336 m² está situado en la nave de poniente, donde la pared exterior es una gran cristalera que permite ver la muralla del siglo XIV, de forma que queda visualmente integrada en el espacio expositivo.

Tanto el espacio elegido dentro del museo, así como el nuevo criterio de como iría expuesto, serían dos factores muy importantes que después condicionarían la intervención de restauración y el sistema de montaje de la embarcación.

CONSERVACIÓN-RESTAURACIÓN EN EL MMB

En 2010 los restos arqueológicos de madera se conservaban en el almacén del CASC, envueltos con plástico de burbujas y cerrados con cinta autoadhesiva. En cada envoltorio estaban escritas las siglas de cada elemento arquitectónico del casco y de su posición dentro de la embarcación. Después de una visita al CASC para valorar el volumen y las medidas de las piezas del pecio desmontado, el carpintero de ribera del MMB, Gilles Llecha, construyó una estructura de madera formada por 11 bandejas, fabricadas con listones de madera que, encajadas y apiladas, formaban un bloque compacto con ruedas. Esta estructura se utilizó para su traslado al MMB y después como mobiliario de almacenamiento en el interior del museo, hasta que finalizó todo el proceso de restauración y el montaje definitivo en 2018. ⁸ [pág.64]

El proyecto de exponer *Les Sorres X*, previsto antes de la rehabilitación de las naves, había quedado anulado, y no se retomó hasta 2016, cuando se incluyó el pecio dentro de los nuevos proyectos de exposiciones del museo. En aquel momento, se decidió revisar su estado de conservación, para elaborar el proyecto de restauración, y así poder hacer una previsión de trabajo y de gastos. Solo se había hecho una revisión aleatoria en 2014, con la coincidencia de que las piezas revisadas estaban en buen estado.

En el momento de hacer la revisión del estado de conservación de las maderas, se aprovechó para sustituir el plástico de burbujas, teniendo en cuenta que durante 20 años se había acumulado suciedad. Se acondicionó un espacio bastante grande para extraer el material de embalaje y revisar todo el contenido. Pero al empezar a retirar el plástico de burbujas se comprobó que había piezas con problemas de conservación en algunos de los fragmentos: la presencia de eflorescencias blancas, exceso de PEG, no todos los fragmentos estaban fijados con grapas. ⁹ y ¹⁰ [pág.65] Se decidió eliminar solo la parte exterior de la mayoría de los embalajes, hacer fotografías de las alteraciones de las maderas y, mediante un informe interno, se pidió que un conservador-restaurador especializado revisara el estado de conservación e hiciera una propuesta de intervención.

EL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA MADERA Y LA PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

El mes de diciembre de 2016, Caterina Aguer, como conservadora-restauradora especializada en material procedente de arqueología subacuática, y con experiencia laboral en el CASC, hizo la revisión de las alteraciones que se habían observado, elaboró un informe con el diagnóstico y presentó una propuesta de conservación-restauración y de montaje. Aparte de la fragmentación documentada en la excavación, había aparecido una nueva patología: eflorescencias y residuos de óxido de hierro alrededor de los agujeros de los clavos. ¹¹ [pág.65] cristalizaciones ¹² [pág.65] y, en algunas zonas, manchas blanquecinas que parecían restos de polietilenglicol.

Desde el año 2000, a partir de la aparición de eflorescencias al *Vasa* y al *Mary Rose*,¹² se conocía el deterioro provocado por la interacción entre el PEG, los elementos de hierro y los restos orgánicos. Eran muchos los pecios rescatados de los

cuales se estaban estudiando la acidificación, la formación de sales y la biodegradación de la madera, teniendo en cuenta las variantes materiales y circunstanciales de cada caso.

El CASC envió tres muestras al *Atelier Régional de Conservation*, del CEA de Grenoble (ARC-Nucléart) para la identificación de las eflorescencias. Se determinó una oxidación de productos azufre-hierro presente en la zona de los clavos. Las muestras eran ricas en sulfatos de hierro, como por ejemplo rozenita¹³ ($\text{FeSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), la jarosita ($\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$) o la melanterita ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), con escasa presencia de pirita y marcasita (FeS_2) y sulfuro de hierro (FeS).

Las concreciones eran ricas en sulfato (producto final del proceso de oxidación de la pirita) y los productos eran muy ácidos. La presencia de rozenita, el hecho que no quedara prácticamente más pirita y la ligera presencia de sulfuros de hierro, indicaban que el proceso de oxidación estaba muy avanzado. ARC-Nucléart recomendaba el raspado de todos los productos de concreción de los clavos, especialmente los de los agujeros de donde se habían extraído, y eliminar la parte de madera donde había penetrado el óxido.

RESTAURACIÓN Y MONTAJE DE LA BARCA

A partir del proyecto *Proposta de conservació-restauració de la barca Les Sorres X. Castelldefels. Baix Llobregat* redactado por Caterina Aguer en 2017, se elaboraron las prescripciones técnicas para la contratación de un equipo de restauración externo, donde quedaban descritas las intervenciones a realizar: la restauración de las maderas, el montaje de los restos de la embarcación y la necesidad de crear una base de apoyo provisional que permitiese fabricar un soporte definitivo para exponerlo, reproduciendo la cama de arena en el que fue encontrado durante la excavación, tal y como estaba previsto en el proyecto museográfico.

El equipo formado por los conservadores-restauradores Albert Vila y Pol Camps, la arqueóloga especializada en patrimonio subacuático Rut Geli, y la colaboración de la restauradora Maria de la Fuente, trabajaron dentro de las naves de las Atarazanas, desde el 22 de enero hasta el 4 septiembre de 2018, en el espacio donde se tenía que construir el ámbito expositivo *Les Sorres X, un vaixell medieval*.

Disponer de este espacio, antes de construir la museografía, permitió hacer todo el proceso de restauración y de montaje dentro del museo. Había espacio suficiente para desplegar todos los planos, tener todas las bandejas con las piezas todavía envueltas, disponer de mesas de trabajo para su restauración y para construir la base provisional, que tenía que servir como modelo para la fabricación del soporte definitivo sobre el que quedaría expuesto. Una vez finalizado el proceso de restauración y decidido los sistemas de montaje, se pudieron instalar los restos de la barca sobre el soporte definitivo, en el lugar donde quedaría expuesto. Toda la museografía se construiría después.

LA RESTAURACIÓN DE LA EMBARCACIÓN

Para la restauración se contó con toda la documentación generada en el momento de la excavación: la planimetría del barco, los calcos de cada una de las piezas a escala 1:1 y todas las fotografías. Se pudo hacer un despliegue de todos los calcos de la excavación para ir reconstruyendo todas las partes de la arquitectura naval. ¹³ [pág.66] mientras se hacía un trabajo exhaustivo de documentación fotográfica

¹² CABELLO BRIONES, C. "Conservación preventiva de barcos de madera extraídos de ambientes subacuáticos marinos. Estado de la cuestión" *Pátina* (2011), nº 16, p. 59-68.

¹³ La rozenita es una alteración de la melanterita, siendo ella misma un sulfato secundario de hierro que se forma a partir de la oxidación de minerales sulfuros primarios como la pirita y la marcasita.

¹⁴ GELI, R.; VILA, A.; CAMPS, P. “El delictes de Les Sorres X. El primer vaixell arqueològic exposat a Catalunya”, *Argo* (2020), nº 6, p. 36-41.

¹⁵ El proceso de restauración y de montaje están explicados con detalle en: VILA, A.; CAMPS, P.; GELI, R. *Informe sobre la conservació i restauració de la barca de les Sorres X de Castelldefels*, 2019.

¹⁶ Capturadas con escáner láser *Faro Focus 3D*.

y se identificaban los fragmentos de cada pieza. Había que poner en orden más de 900 fragmentos, algunos fijados con grapas de acero, otros con palillos de madera y algunos sueltos. Se hizo una ficha de cada pieza y se siglaron todas, incluidos los fragmentos que por algún motivo después no irían expuestos, ya fuera por no tener ningún punto de unión con otras piezas o por quedar fuera de la estructura del casco.¹⁴ [pág.67]

Se empezó eliminando el exceso de PEG con pistola de aire caliente para las capas finas y con vaporizadores de agua para ablandar los gruesos más importantes, retirando después el exceso de polímero con trapos de algodón, espátulas y bastones de madera. Al mismo tiempo, se eliminaron mecánicamente los restos de hierro y de corrosión, con herramientas de corte y micromotor, y con material quirúrgico se sacaron las eflorescencias, intentando sacar poca cantidad de madera porque los orificios excesivamente grandes dificultarían el posterior montaje del barco. Las cuadernas tenían un elevado número de clavos: los de fijación del forro, los que unían las varengas con los genoles y los que fijaban los elementos superiores. Se decidió no aplicar ningún otro tratamiento en las zonas donde había eflorescencias y que se haría un seguimiento si volvían a aparecer. A partir de nuevos análisis, y según su evolución, se valoraría cuál tendría que ser el tratamiento más adecuado para parar el proceso de acidificación.

Para la unión de los fragmentos se utilizó un adhesivo epoxi en pasta (*Araldit* madera *SV 427* y endurecedor *HV 427*[®]), para rellenar los espacios donde las maderas no hacían contacto en la zona de unión; hacía falta que aguantase el peso de los fragmentos y que tuviese buena resistencia mecánica. En algunas cuadernas hizo falta reforzar la unión con espigas de fibra de vidrio de 8 mm y de fibra de carbono de 4 mm. Se hizo la reintegración cromática con pinturas acrílicas. Es importante recordar que, desde su consolidación, las características químicas, físicas y mecánicas de la madera habían cambiado. Ahora, el material que le daba consistencia y que mantenía la forma de la madera, era lo polietilenglicol que se había solidificado en su interior. Por lo tanto, se había reducido la capacidad de adherencia entre los fragmentos de madera y el peso de la encina era superior.

EL MONTAJE

El montaje de la barca se hizo primero en plano, empezando por el eje longitudinal de la parte inferior del casco (forro inferior: la quilla, la aparadura y el forro hasta los carenotes), continuando con la arquitectura longitudinal del barco (partes del forro), para después continuar con las cuadernas y, finalmente, con los elementos longitudinales interiores (sobrequilla, carlinga y palmejares interiores y exteriores). Los palmejares eran los elementos que estaban en peor estado de conservación, con una deformación considerable y faltaban fragmentos. Las partes más fragmentadas del forro se consolidaron después de las cuadernas.¹⁵

Una vez estaban presentadas las piezas centrales, se empezó a construir el soporte provisional. Se utilizaron bloques de poliestireno expandido (EPS) de 20 Kg/m³ de densidad; un material inerte, fácil de cortar y de manipular que no se deformaría con el peso. Fue un trabajo delicado y complejo que hizo falta repetir varias veces, mientras se iba modificando el soporte con cuñas para adaptarlo a las piezas y a la estructura. A la vez que se le daba la inclinación al soporte, se tenía que adaptar a la ondulación longitudinal que indi-

caba la forma de las propias piezas; si no se hacía así, después no era posible encajar los otros elementos. Había que montar toda la estructura sin contar con ningún elemento de fijación original, y respetando la deformación de las maderas, la inclinación y la posición que tenía en el casco en la excavación. Fue un proceso lento, dado que se tenía que trabajar de forma empírica, haciendo correcciones de la base y acabando de consolidar algunas uniones con la pieza sobre el soporte. Una premisa importante era que todas las piezas se tenían que poder desmontar y volverlas a montar; la idea central era que el sistema de montaje tenía que ser reversible.

Para el montaje se utilizaron tornillos de acero inoxidable *A4 Marine* (composición con carbono y cromo que permite obtener una aleación con buena resistencia mecánica), aprovechando los agujeros de los elementos de fijación originales. En algunos puntos se utilizaron cabillas de haya estriadas, para salvar la distancia donde la sobrequilla quedaba flotando y para evitar la tensión mecánica.

El soporte provisional de bloques de EPS, se había ido modelando a la vez que se reconstruía la forma del casco. Este soporte servía como base de apoyo de las piezas y para evitar tensiones entre ellas, pero se trataba de un soporte inestable que no servía como soporte definitivo de exposición; aun así, fue un elemento imprescindible para saber cómo debería ser el soporte definitivo.¹⁵ [pág.68]

Siendo imposible hacer un escaneo 3D de la parte inferior del casco para fabricar el soporte de exposición, se hicieron tres escaneos con láser 3D:¹⁶ uno de la parte interior del casco sin las cuadernas, otro del soporte provisional (después de sacar todos los elementos del barco, excepto los carenotes) y el último solo de los bloques de EPS. Para poder hacer este registro de imágenes del soporte provisional, fue necesario desmontar todas las piezas de la barca.¹⁶ [pág.68]

A partir de estas nubes de puntos se generó el modelo 3D que se utilizó para mecanizar el soporte definitivo. Se fabricó con poliestireno extruido XPS de 30 mm y respetando la estructura en bloques, porque hacía falta que se reprodujeran los mismos puntos de apoyo que en el soporte de trabajo.

Una vez instalado el nuevo soporte en el lugar donde se tenían que exponer los restos de *Les Sorres X*, se pusieron láminas de espuma de polietileno de color negro, como material de conservación, entre el soporte y la madera. Cumplía la función de ocultar el soporte, cubrir los espacios vacíos y rellenar cromáticamente los espacios donde faltaba madera.

El sistema expositivo condicionó que algunas partes de la embarcación no se expusieran: algunas tablas del forro, pequeños fragmentos siglados pero que, por carencia de continuidad, quedaban sueltos y fragmentos de tablas sin identificar; así como las piezas de la quilla, que al quedar apretón de manos dentro de la estructura del soporte, no eran visibles. Se consideró más conveniente guardar estas piezas en las reservas del museo. Para almacenarlo se hicieron unos soportes rígidos para las piezas grandes y bandejas de cartón pluma numeradas dentro de contenedores de polietileno para los pequeños, etiquetando cada caja y elemento de embalaje para facilitar su revisión y seguimiento, con la nomenclatura de referencia, y teniendo en cuenta que algunos de estos fragmentos tienen también los deterioros detallados anteriormente. La aguja del timón, que estaba

fragmentado y en mal estado de conservación, se guardó dentro de un contenedor de polietileno, acondicionado con espuma de polietileno y tejido de polipropileno. ¹⁷ [pág.69]

LA CARGA

En relación con los restos cerámicos que formaban parte de la carga, solo se restauró la jarra nº 3 porque se tenía que exponer, sin hacer una reconstrucción completa, y el fragmento de cerámica de la jarra nº 6, donde hay una marca de alfarero. Se hizo limpieza superficial de los otros restos arqueológicos que ahora están expuestos: algunas escamas de pescado, el bloque de arena que conserva parte del esparto trenzado, una vértebra de pescado y un grupo de pequeñas ramas de la estiba. Todos los recipientes cerámicos llegaron al museo parcialmente restaurados, con algunos fragmentos fijados con adhesivo y otros inmovilizados con gasa y yeso. La jarra que se conservaba más completa ya había sido restaurada y está actualmente en el *Museu de Gavà*.

A todos los objetos no expuestos solamente se les hizo una limpieza superficial, la documentación fotográfica de todos los fragmentos y se sustituyeron los materiales de almacenamiento por contenedores de polietileno.

LA MUSEOGRAFÍA ACTUAL

En 2018, ya con los restos de la barca instalados sobre el soporte definitivo, se protegió con una estructura sencilla, construyendo la museografía a su alrededor. Un proyecto diferente al resto de los espacios expositivos del museo, pensado y diseñado para explicar este pecio. Crear un entorno que lo separa del museo y lo abre hacia la muralla. Con poco texto, pero con muchos recursos visuales, sitúa a los visitantes en el espacio y el tiempo en que quedó hundida la barca, y se les explican los procesos de la excavación, la restauración y el montaje. ¹⁸

El proyecto del estudio Rocamora Diseño & Arquitectura integra la muralla del siglo XIV en el espacio expositivo, alargando en el suelo de guijarros que rodea el pecio hasta los patios exteriores y la muralla. La construcción de la museografía está hecha con plancha de hierro, incluye dos audiovisuales y una gran lona con un paisaje que nos quiere situar en los humedales del Llobregat. El suelo de la museografía está elevado en todo el ámbito para que el espectador esté por encima del yacimiento y, así, tenga una buena visión del interior de la barca. La plancha de hierro del suelo se curva hacia arriba alrededor de *Les Sorres X* y de las otras dos embarcaciones, creando una barrera física entre las piezas y los visitantes.

La distancia entre el suelo, donde se sitúa el visitante, hasta el pecio está lleno de guijarros de color claro, que sustituyen a la arena del yacimiento. ¹⁸ [pág.70] Los bloques de material volumétrico que se añadieron entre los guijarros permiten darle a este suelo la forma de montículos. Para impedir la entrada de los guijarros en la estructura del soporte expositivo, se protegió todo su perímetro con láminas rígidas de polietileno de color negro. Después se cubrieron las partes visibles del soporte blanco con tejido de polipropileno negro.

En la parte opuesta al ventanal, la plancha del suelo sube hasta 2 m de altura. Esta pared incorpora en cuatro cavidades una pantalla con un video del proceso de restauración y tres vitrinas: un modelo a escala 1:20, ¹⁹ la parte que se conserva de la jarra nº 3 y algunos restos orgánicos encontrados

en el yacimiento. En la parte del fondo, en medio del suelo de guijarros, están expuestas dos barcas de pesca tradicional de principios del siglo XX, con muchas similitudes constructivas con la embarcación medieval: la palangrera *Madrona*, una embarcación a vela que pertenece a la familia del laúd, ²⁰ que fue construida en Badalona en 1924, y el caro *Papet*, ²¹ que solo navegaba a remo, construido por Josep Vieta y Pons a Blanes en 1907. Aunque el proyecto inicial incluía una reproducción tridimensional a medida real del *Sorres X*, que tenía que ir colgada en el aire sobre los restos encontrados en la excavación, finalmente se descartó, considerando que la maqueta y las dos embarcaciones incluidas dentro de la exposición dan suficiente información al espectador para saber cómo era la barca del siglo XIV.

CONSERVACIÓN PREVENTIVA (2018-2022)

Como otros pecios europeos, *Les Sorres X* está expuesto sin vitrina. El espacio expositivo de las naves es un espacio con buenas condiciones de cierre que amortigua el clima exterior, que dispone de un sistema de climatización general y que los ventanales del museo disponen de filtros que bloquean la radiación UV un 99% y reducen la transmisión lumínica al 39%.

Desde el momento en que se inauguró la exposición, se establecieron varias tareas de seguimiento de los restos de la barca que está expuesta: hacer revisiones semanales para la detección de incidencias, anotar registros máximos y mínimos semanales de las variaciones climáticas de la HR y de la temperatura, hacer fotografías de zonas concretas para poder observar en pantalla posibles cambios o la aparición de alteraciones, marcar sobre planos la localización de estas alteraciones y fotografiar en diferentes momentos del año cuáles son las zonas donde incide la luz solar.

El seguimiento de las condiciones climáticas en el lugar donde está expuesto, se hace con un termo-higrómetro con sonda *TFA*, que tiene pantalla digital con memoria por registros de máximos y mínimos. La base del termo-higrómetro está situada en el lateral de babor, la zona más próxima a la cristalería y alejado del acceso de los visitantes, y la sonda está situada dentro del casco, en el lado de estribor de la carlinga. Desde marzo de 2021 disponemos de un sensor *Testo 50 Tuca*® colgado a una de las paredes del espacio expositivo, que nos permite hacer un seguimiento constante, ya que registra cada hora la humedad relativa y la temperatura. Actualmente, se está estudiando cómo mejorar las condiciones del espacio para conseguir un entorno más estable.

Después de hacer durante un año el seguimiento de la incidencia de la luz en este espacio, se sustituyó el filtro de la franja del ventanal, por donde entraba la luz que incidía sobre el pecio, por un filtro más opaco, que permite solo la entrada del 13% de transmisión de la luz (*Sentinel Plus Stainless Steel 15 OSW*®).

Las revisiones semanales nos han permitido observar que, a pesar de no estar protegido por una vitrina, no se producen incidencias por parte de los visitantes, excepto la aparición puntual de algún guijarro dentro del casco. Hasta este momento, la única alteración que se ha observado es la aparición de eflorescencias blancas en puntos y fragmentos concretos de la madera.

¹⁷ VILA, A.; CAMPS, P.; GELI, R. *Informe sobre la conservación...*

¹⁸ Por parte del MMB este proyecto fue liderado por el Director General del MMB Sr. Roger Marcet, hasta su jubilación en 2018. A partir de aquel momento el proyecto fue liderado y ejecutado bajo la gestión de la Sra. Elvira Mata, como Directora General en funciones.

¹⁹ Maqueta realizada por Josep Marín y Antoni Casals, de la *Associació d'Amics del MMB*, a partir de los planos facilitados por Marcel Pujol y contando con su asesoramiento.

²⁰ La *Madrona* es una embarcación a vela que pertenece a la familia del laúd, la barca tradicional de pesca más utilizada en las costas catalanas. Bajo esta denominación genérica se engloba una gran cantidad de embarcaciones de características parecidas, con pequeñas variaciones en función de los caladeros donde pescaban y de las artes de pesca empleadas.

²¹ Los *caros d'art* (caros) eran embarcaciones de la familia de los laúdes que no tenían palo, eran largas y estrechas, con quilla robusta y escoas, que se utilizaban para pescar cerca de la playa.

SEGUIMIENTO DE LAS EFLORESCENCIAS

En el mes de octubre de 2018 surgieron eflorescencias blancas en puntos muy concretos. Desde aquel momento, se ha hecho un seguimiento de estas eflorescencias, tanto de su localización como de su aspecto, señalizándolas sobre un plano general y haciendo fotografías de detalle, para comprobar si hay variaciones en la cantidad y en otras características visibles. Periódicamente, se repiten las fotografías de las mismas zonas para comparar las imágenes en pantalla y comprobar si se han producido cambios. Según su aspecto podemos diferenciar: por un lado, pequeños puntos blancos en los agujeros de clavos de los palmejares y algunos de la sobrequilla; ¹⁹ [pág.71] alguna concentración de puntos más abundante en el extremo de alguna cuaderna y, por otro lado, un polvo blanco muy fino sobre algunos fragmentos de cuaderna y del forro. Solo hay algunos fragmentos del pecio donde su presencia es destacable como, por ejemplo, la parte de estribor de la varenga de la cuaderna 14, situada en la zona de popa, y una pieza del palmejar exterior de la parte de babor, donde coincide con la cuaderna 35. En este momento podemos afirmar que son eflorescencias localizadas, que aparecen solos en zonas concretas y que su aspecto ha variado poco durante el tiempo que lleva expuesto.

El mes de marzo de 2019, el grupo de Análisis de Materiales de Patrimonio Cultural (AMPC), formado por Salvador Butí, Nati Salvadó y Nuria Jiménez, del Departamento de Ingeniería Química, de la UPC-BarcelonaTech, hizo una toma de muestras de las dos piezas donde había una concentración más grande de eflorescencias. Los resultados de los análisis confirmaron que su composición era similar a la de las muestras analizadas en 2017.

Las eflorescencias ahora analizadas estaban compuestas, básicamente, por una mezcla heterogénea de partículas que contienen proporciones variables de azufre, sodio, potasio, hierro y, en algunos casos, calcio. Destacaban partículas formadas únicamente por azufre. Por espectroscopia de infrarrojo se determinó la presencia de varios sulfatos de hierro, como por ejemplo la rozenita ($\text{FeSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) y jarosita ($\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$), y otras poco definidas, así como sulfatos de calcio y carbonatos de calcio. Por otro lado, también se determinó el polietilenglicol procedente del tratamiento de impregnación.

Actualmente, este equipo de investigación está profundizando en el estudio de las eflorescencias empleando otras técnicas complementarias, como son la micro-difracción de rayos X, la micro-fluorescencia de rayos X y la micro-espectroscopia de infrarrojo basadas en luz sincrotrón, para analizar muestras extraídas tanto de las piezas de madera expuestas como de algunos de los fragmentos no expuestos. El hecho de tener acceso a fragmentos no expuestos, permite hacer una selección más cuidadosa de las muestras y observar las eflorescencias y las partículas en el interior de la madera con más detenimiento.

Son muchos los pecios tratados con PEG que presentan este problema, y muchos los estudios científicos que se han publicado de cada uno de ellos. A pesar de haber unas causas comunes, cada uno tiene características peculiares debidas al entorno donde se había conservado, el tipo de tierra, la presencia o no de lodos, el tipo de madera, etc. Con este proyecto de investigación esperamos conocer mejor el proceso de deterioro que se ha producido dentro de la madera del pecio *Les Sorres X*, recogiendo los datos nece-

sarios para entender el grado de afectación, como se están produciendo las eflorescencias, en qué momento está el proceso y cuáles son los factores que lo condicionan, para saber cuáles tendrán que ser las acciones necesarias para poderlo parar. Pensamos que su estudio puede contribuir a mejorar los procesos de conservación y de restauración de la madera de otros pecios.

Aparte de los análisis y la documentación de las eflorescencias, también forma parte de las rutinas de seguimiento eliminar las eflorescencias superficiales cuando se hace la limpieza del polvo a finales de año, para empezar un nuevo periodo de seguimiento a partir de enero. Esto permite observar su evolución y comprobar si vuelven a salir en los mismos puntos, en qué momento del año y si han variado las características visibles.

Las revisiones, las tareas de seguimiento y los estudios que se están realizando tienen como finalidad elaborar propuestas para mejorar la estabilidad del entorno y para valorar la necesidad de realizar algún tratamiento de conservación-restauración. Esperamos que el hecho de disponer de una parte de maderas sin exponer, así como otros materiales arqueológicos diferentes en la madera, como son el pinzote, la cerámica y el bloque de arena con esparto, ayuden a completar su estudio.

AGRADECIMIENTOS

Querriamos remarcar que, si ha sido posible el estudio de *Les Sorres X*, su preservación y su difusión, ha sido gracias al esfuerzo colectivo. Gracias a todas las personas que han participado en cada uno de los equipos y que han hecho posible: la protección del yacimiento, una excavación de urgencia, una documentación exhaustiva, el estudio arqueológico del pecio y de su carga, un desmontaje complejo y una intervención de limpieza en condiciones bastante adversas; así como, también, la planificación y coordinación de las intervenciones, el diseño y la construcción del depósito, el seguimiento de los tratamientos de desalación y de consolidación de la madera. La creación de equipos para hacer una propuesta museográfica, los estudios de arquitectura naval, la revisión de las alteraciones, los análisis, la propuesta de restauración y de montaje, la restauración y el complejo proceso de montaje hecho dentro de las *Drassanes Reials*, y el estudio de las eflorescencias, han sido otras tareas realizadas por este gran equipo.

Deseamos continuar contando con la experiencia de estos y otros profesionales, que sigan colaborando con el Museo Marítimo de Barcelona para ampliar los estudios y para garantizar su preservación.

IMÁGENES

PORTADA Excavación del pecio, todavía parcialmente cubierto por la arena (Fotografía: Archivo MAC-CASC).

1 Fragmentación de las cuadernas, deformación de los palmejares y restos de la estera de esparto, vistos desde popa (Fotografía: Archivo MAC-CASC).

2 Deterioro de las tablas de sollado (Fotografía: Archivo MAC-CASC).

3 Sacando la estera de esparto localizada a popa (Fotografía: Archivo MAC-CASC).

- 4 Estado de conservación de las cuadernas durante el proceso de desmantelamiento (Fotografía: Archivo MAC-CASC).
- 5 Cuadernas atadas con gasa sobre los estantes preparados para el transporte (Fotografía: Archivo MAC-CASC).
- 6 Revisión de los calcos después del tratamiento de consolidación (Fotografía: Archivo MAC-CASC).
- 7 Estudio sobre la restitución de las formas hecho por Eric Rieth y Marc Ginisty (Fotografía: Eric Rieth y Marc Ginisty).
- 8 Recogida de los restos de la barca con el embalaje que tenía en la reserva del CASC (Fotografía: MMB).
- 9 y 10 Manchas y cristalizaciones observadas en 2016 al sacar el plástico de burbujas (Fotografías: MMB).
- 11 Restos de oxidación alrededor de un agujero de clavo (Fotografía: Caterina Aguer).
- 12 Zona de una traca blanda, agrietada y con cristalizaciones (Fotografía: MMB).
- 13 Reconstrucción del casco en plano, sobre los calcos (Fotografía: Albert Vila, Rut Geli y Pol Camps).
- 14 Eliminación del exceso de PEG con aire caliente, mientras se avanza en la presentación de piezas sobre el soporte provisional (Fotografía: Albert Vila, Rut Geli y Pol Camps).
- 15 Los restos de *Les Sorres X* sobre el soporte provisional, tal como iría expuesto (Fotografía: Albert Vila, Rut Geli y Pol Camps).
- 16 Imagen 3D grabada con el escáner láser (Fotografía: Digit Ingeniería de Sistemas Audiovisuales SL).
- 17 Piezas y fragmentos no expuestos que, actualmente, están en las reservas del museo (Fotografía: MMB).
- 18 Acordando la solución para ocultar el soporte expositivo (Fotografía: MMB).
- 19 Una de las zonas de las que se realiza el seguimiento fotográfico de las eflorescencias (Fotografía: MMB).

VÍDEOS

“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 Digit Sistemes Audiovisuales SL, disseny Rocamora TM Disseny y Arquitectura).



BIBLIOGRAFÍA

CORR, S. *Nanotechnology and the Mary Rose* (En línea). <<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”. En: CARRERAS MONFORT, C.; GUI-TART 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)”. En: 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), nº 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), nº 15, p. 132-135.

MARTÍN LÓPEZ, A. “Les Sorres X” y “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 y p. 203-207. Disponible en línea en: <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), nº 17, p. 77-84.