

PROJECTE BÀSIC I D'EXECUCIÓ DE REHABILITACIÓ I RESTAURACIÓ DEL CAMPANAR I CLAUSTRE DE LA SEU DE MALLORCA. NOVA
DOCUMENTACIÓ MODIFICACIÓ PROJECTE RESTAURACIÓ DE LES CAMPANES. EXP. 155/10

**JUSTIFICACIÓ RELATIVA A LOS PUNTOS 4, 7 Y 8
DEL ACUERDO DE LA COMISI3N DE PATRIMONIO DE 30 DE JULIO DE 2013.
ACTUALIZACI3N DICIEMBRE 2013.**



ÍNDICE DE LA JUSTIFICACIÓN RELATIVA A LOS PUNTOS 4, 7 Y 8 DEL ACUERDO DE LA COMISIÓN DE PATRIMONIO DE 30 DE JULIO DE 2013. ACTUALIZACIÓN NOVIEMBRE 2013.

1.	PROPUESTA COMPLETA DE CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE LAS CAMPANAS.	4
1.1.	OBJETIVOS Y CRITERIOS DE INTERVENCIÓN ESPECÍFICOS.	4
1.1.1.	Recuperación del valor de autenticidad. Respeto de las pátinas.	9
1.1.2.	Lesiones estructurales. La necesidad de tratamiento de n'Eloi.	10
1.1.3.	Lesiones estructurales. La necesidad de tratamiento de n'Antonia.	11
1.1.4.	Lesiones estructurales. La necesidad de tratamiento de na Senyals 2.	12
1.1.5.	La intervención prevista. El método Lachenmeyer.	12
1.1.6.	Declaración de Lechenmeyer sobre la conservación de la pátina durante la restauración.	13
1.2.	DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO DE DESMONTAJE, TRANSPORTE Y RECOLOCACIÓN.	14
1.2.1.	Cómo bajar las campanas para su traslado a taller de restauración.	14
1.2.2.	Desmontaje de la bóveda.	16
1.2.3.	Prescripciones relativas al movimiento mediante grúa.	18
1.2.4.	Transporte de las campanas para su restauración.	21
1.2.5.	Recolocación de la bóveda.	22
1.3.	PROYECTO DE CONSERVACIÓN-RESTAURACIÓN DE LAS CAMPANAS.	23
1.3.1.	N'Eloi	28
	Criterios de intervención (en taller de restauración)	36
1.3.2.	N'Antònia	40
	Criterios de intervención (en taller de restauración)	47
1.3.3.	Na Matines	51
	La intervención sobre el bronce de la campana <i>in situ</i> (propuesta de limpieza y estabilización):	57
1.3.4.	Na Prima	64
	La intervención sobre el bronce de la campana <i>in situ</i> (propuesta de limpieza y estabilización):	70
1.3.5.	Na Picarol	77
	La intervención sobre el bronce de la campana <i>in situ</i> (propuesta de limpieza y estabilización):	84
1.3.6.	Campana de senyals 2.	90
	Criterios de intervención (en taller de restauración)	93
1.3.7.	Na Tèrcia	96
	Criterios de intervención (in situ).	101
1.3.8.	Na Nova, Maria Concepció o En Pizà	104
	La intervención sobre el bronce de la campana <i>in situ</i> (propuesta de limpieza y estabilización):	109
1.3.9.	Na Bàrbara	115
	La intervención sobre el bronce de la campana <i>in situ</i> (propuesta de limpieza y estabilización):	120
1.3.10.	Na Mitja	126
	La intervención sobre el bronce de la campana <i>in situ</i> (propuesta de limpieza y estabilización):	131
1.3.11.	Campana de senyals 1.	138
	La intervención sobre el bronce de la campana <i>in situ</i> (propuesta de limpieza y estabilización):	141
2.	GARANTÍA Y PLAN DE MANTENIMIENTO POR PARTE DE LA EMPRESA.	148
	Actuaciones de mantenimiento.	149
	Redacción de informes.	151
2.1.1.	GARANTÍA, ESQUEMA DE TRABAJO Y SEGUROS	151
	Equipo técnico.	152

Propuesta de limpieza y estabilización

Esta alternativa se propone para las cuatro campanas góticas que el proyecto define como de **gran valor histórico: Na Matines, Na Prima, Na Picarol y Na Mitja**. Se considera especialmente el avanzado estado de oxidación del bronce y el riesgo de pérdida de partes de la decoración integrada en la capa oxidada, dando prioridad al valor de la pieza en su estado actual sobre el valor de recuperación del sonido y la durabilidad de la campana. Se pretende, por tanto, estabilizar al máximo la campana en su nivel actual de alteración, sin ninguna reposición de material que pueda alterar la capa de óxido, en cuanto se refiere al bronce.

Asimismo se adopta este criterio de intervención para las campanas **Sa Nova, Na Bàrbara, Senyals 1 y Na Tèrcia** que, por no requerir reposición de volúmenes, sustitución y consolidación estructural de las anillas o soldado de grietas, puedan tratarse in situ sin menoscabo de la sonoridad de la campana.

En cuanto a la solución para la consolidación estructural de las campanas que lo requieren, **N'Eloi, N'Antònia i Senyals 2**, se estima de mayor fiabilidad su tratamiento en el taller de restauración, que la inserción de piezas metálicas añadidas que no correspondan a su configuración original.

1. PROPUESTA COMPLETA DE CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE LAS CAMPANAS.

1.1. OBJETIVOS Y CRITERIOS DE INTERVENCIÓN ESPECÍFICOS.

El Proyecto básico y de ejecución de rehabilitación y restauración del Campanario y Claustro de la Catedral de Mallorca redactado por los arquitectos Sebastià Gamundí y Enric Taltavull incluye como parte primordial una importante intervención en las campanas de la Catedral con el ambicioso fin de resolver las importantes patologías estructurales detectadas, así como recuperar el sonido de las mismas como parte esencial del patrimonio inmaterial de Mallorca. Los estudios previos realizados determinan que el estado de conservación de algunas de las campanas es muy precario y es necesario realizar una inminente intervención conservadora. La propuesta incluía una exhaustiva intervención en los broncees, la recuperación y recolocación de los yugos de madera debidamente restaurados y la incorporación de nuevos ejes y mecanismos electrónicos con el fin esencial de recuperar el sonido perdido del conjunto de campanas de la Catedral, uno de los más completos de Europa.

Para recuperar el sonido de las campanas, éstas tienen que realizar movimientos de bandeo y campana boca arriba por lo que hay que verificar que todas las partes de la campana (bronce, yugo, eje, badajo...) cumplan con una serie de requisitos de seguridad ya que de no ser así, se podría comprometer la conservación de las propias campanas, del campanario e incluso podría poner en riesgo la seguridad de las personas. Sin una intervención global que asegure estos parámetros no será posible poner en uso las diferentes campanas y por tanto no se cumplirá el objetivo esencial del proyecto, puesto que algunas de las campanas no podrían ser tocadas. La intervención pretende subsanar las deficiencias existentes en los diferentes elementos históricos y la incorporación de dispositivos adaptados que permitan cumplir con los objetivos marcados.

La campana, como instrumento sonoro, no es más que un vaso de bronce, realizado con metal fundido, y por tanto extremadamente frágil, que resuelve el esfuerzo producido en cierta parte de su superficie mediante una expresión sonora. La debilidad del instrumento hace que éste, si no puede convertir en sonido el golpe recibido, se quiebre, con lo que modifica la estructura, perdiendo por tanto la voz.

La campana produce cinco sonidos armónicos principales: la fundamental o prima, una tercera siempre menor, una quinta aproximada, la nominal que se encuentra una octava por

encima de la nota, así como un curioso armónico bajo (en realidad un subarmónico), que suele corresponder a la octava inferior y que recibe el nombre de hum. Mientras que la tercera menor es una referencia característica de las campanas occidentales, los otros tres armónicos pueden oscilar hasta dos y tres tonos por encima o por debajo de la nota teórica, produciendo entre todos el timbre característico de la campana. La armonización varía mucho a lo largo de las épocas y de los distintos gustos musicales de cada nación a lo largo de su historia. Esta sonoridad depende directamente del perfil de la campana observándose que las notas están localizadas con exactitud a lo largo de este contorno, como se demuestra percutiendo con un pequeño martillo en diferentes alturas del vaso. Estos armónicos, característicos de la campana teórica, pueden ser modificados de muchas maneras, y todas ellas dependientes de los diversos accesorios y de la propia instalación. Al reforzar unos u otros cambia la resonancia y el timbre.

Para lograr recuperar la sonoridad y conservar la armonía, de manera que el conjunto sea musicalmente homogéneo, es necesario recuperar todos los elementos históricos (los yugos metálicos que presentan ahora las campanas modifican la sonoridad de la campana y hay que recolocar los originales de madera), y restaurar las campanas agrietadas o con pérdidas de volumen debido a los toques. Gracias a la debida intervención conservadora y a la incorporación de las nuevas tecnologías se podrán recuperar los toques litúrgicos habituales con una gran fiabilidad, con las siguientes prestaciones.

Repicar:

Mediante martillos electromagnéticos adecuados para cada campana, podemos controlar la intensidad del toque en la campana y realizar melodías, logrando un sonido armónico (repique para fiestas, avisos horarios o avisos eclesiásticos).

Bandeo y campana boca arriba:

Mediante los motores eléctricos podemos controlar el ángulo de bandeo o lograr parar la campana boca arriba. En Mallorca la campana boca arriba solo se utiliza en toques muy lentos o solemnes, que precisen un solo toque único en bandeo. Aprovechando que la campana está en boca arriba, electrónicamente, podemos desbloquear la acción de boca arriba para dejar bajar la campana y hacer un solo toque.

Melodías:

Se realizará la programación de las secuencias y melodías de los toques eclesiásticos, programación y automatización de los toques para el fin último de reproducir los toques manuales de las campanas de la Catedral.

El proyecto que sigue incluye un estudio con una descripción de las alteraciones que presentan las diferentes campanas y las actuaciones de conservación previstas para su recuperación a partir de la revisión de la propuesta incluida en el proyecto inicial. Una vez iniciadas las obras de conservación de la parte arquitectónica del campanario se empezaron a

planificar y concretar las intervenciones previstas en las campanas. Se examinaron los yugos trasladándolos a taller para su conservación y se empezó a planificar la actuación en los bronce. Fue en ese momento cuando los técnicos de Casa Massot expresaron que, según su criterio y experiencia en ese campo, existían divergencias notables en cuanto a qué campanas necesitaban un tratamiento en profundidad y cuáles necesitaban un mínimo tratamiento. Existían por tanto divergencias notables entre la realidad y lo previsto en proyecto (basado en un informe anterior de Llop y Bayo). La DF y el contratista acordaron que lo más apropiado sería contar con un examen inicial del restaurador que tiene que ejecutar las operaciones de recuperación de volúmenes perdidos en los bronce. Para esta labor se preveía contar con el taller de restauración de campanas de Lachenmeyer, el restaurador con más experiencia y el que cuenta con mayor prestigio de Europa. El propio Lachenmeyer se desplazó a Mallorca para examinar los bronce de forma pormenorizada y redefinir las actuaciones de forma individualizada con una justificación de los tratamientos propuestos.

En la visita realizada el 15 de febrero Lachenmeyer inspeccionó los bronce anunciando ya que, según su criterio, n'Eloi debería ser tratada por él en Nördlingen. Posteriormente pasó una relación individualizada de las alteraciones detectadas que se recogen en el punto 3.2 de este documento y una propuesta de intervención en función de éstas, anunciando cuáles tendrían que desplazarse a su taller y cuáles no.

Este nuevo examen no aportaba novedades de tipo metodológico, ya que los tratamientos no variaban, pero si que existían divergencias en cuanto a qué campanas saldrían del campanario y cuáles no. Este hecho influía de manera crucial en otros aspectos de tipo logístico: n'Eloi, la campana mayor, es de tamaño superior a los huecos existentes en el campanario (las campanas que se tenían que desplazar *a priori* cabían a través de los huecos existentes¹).

¹ Antonia tampoco cabe por el hueco actual pero sí desmontando un relleno que cubre unas muescas realizadas en la fábrica para que ésta pudiera salir en el pasado.

CATEDRAL DE MALLORCA
RESTAURACIÓN DE CAMPANAS

			RESTAURACIÓN ACÚSTICA	RESTAURACIÓN SOLDADURA	RENOVACIÓN CIRCULAR	LIMPIEZA DE BRONCES	LIMPIEZA BRONCES EN TORRE	YUGO MADERA NUEVO	RESTAURACIÓN DE YUGO	MOTORIZACIÓN IMPULSOS	ELECTROMARTILLO REPIQUE	BADAJOS
CAMPANA 1	Na Picarol	760 mm 254 Kg 1310 (XIV)										
CAMPANA 2	Na Prima	750 mm 244 - 250 Kg 1310 (XIV)										
CAMPANA 3	Na Tèrcia	900 mm 422 - 430 Kg 1991 (XX)										
CAMPANA 4	Na Matines	930 mm 465 Kg 1310 XIV										
CAMPANA 5	Na Milja	1040-1000 mm 651 - 580 Kg 1310 XIV										
CAMPANA 6	Sa Nova	1050-1000 mm 670 - 580 Kg 1762 (XVIII)										
CAMPANA 7	N'Antònia	1290 mm 1242-875 Kg 1642 (XVII)										
CAMPANA 8	Na Bàrbara	1400-1450 mm 1589-1800 Kg 1765 (XVIII)										
CAMPANA 9	N' Aloi	2000-2100 mm 4632-4700 Kg 1892 (XIX)										
CAMPANA 10	senyals 1	1800/33/100										
CAMPANA 11	senyals 2	1315/42/100										

campanas a trasladar a Alemania

campana réplica de la gòtica

campanas que no se movilizan

Planilla de trabajo utilizada para la inspección de campanas del 15-02-13

A partir de este momento se inicia un proceso de reflexión para poder realizar una propuesta de intervención que sea fiel a los criterios y objetivos que rigen el proyecto, esto es, que permita recuperar el sonido de las campanas de la Catedral como parte del patrimonio inmaterial de Mallorca y que ofrezca las mayores garantías de éxito gracias a su estudio exhaustivo por parte de la administración y de los técnicos que han participado o colaborado en la redacción de este documento.

Con posterioridad al primer examen de la documentación elaborada, y a requerimiento de la Comisión Insular de Patrimonio de finales de julio de 2013, se han practicado distintas analíticas y recibido aclaraciones por parte del taller de restauración de campanas de Lachenmeyer. Se incorporan estos escritos del taller de Lachenmeyer, así como una comunicación del campanero López y Bayo, con objeto de introducir la perspectiva de los profesionales de la restauración de campanas y la descripción minuciosa de los métodos utilizados.

Se han realizado dos series de analíticas o estudios, una de ellas a cargo de técnicos del IPCE a petición del Consell Insular de Mallorca, y la segunda a cargo de técnicos de la empresa SGS, contratados por la empresa adjudicataria de la obra, en cumplimiento del requerimiento de la Comisión de Patrimonio de Mallorca. Según lo preceptuado en dicho requerimiento, se han complementado también los estudios sobre epigrafías y decoraciones de las campanas, y los del material arqueológico aparecido en el relleno de bóvedas, así como se pormenorizan aún más los criterios de reposición de las piezas de cerámica renacentista en su localización original.

La mayor información disponible sobre los materiales, procesos, y nivel de alteración de los bienes a tratar, sugiere varias alternativas para definir el proyecto de conservación-restauración, concretamente en aquellas campanas cuyo nivel de alteración de los materiales puedan plantear dudas razonables sobre la incidencia de la restauración en taller, en cuanto a pérdida de zonas de material oxidado que, aún no formando parte de la pátina, si contienen una parte no determinada de la volumetría de la decoración en relieve o la epigrafía de las campanas. Ciertamente, con los estudios realizados, cualquier pérdida parcial sería reconocible, está totalmente documentada y también es previsible por el deterioro natural. Esto avalaría la intervención para tratar la campana en el taller de restauración, con objeto de recuperar la funcionalidad y sonoridad, en definitiva el patrimonio inmaterial del toque de las campana. Así se realiza habitualmente en la puesta al día de un campanario.

Sin embargo, también cabría primar la intervención para intentar la conservación algo más allá de lo previsible, del material alterado que incluye parte de las epigrafías y decoraciones de las campanas. Esto requeriría la estabilización de aquellas con un nivel acentuado de oxidación y degradación de la superficie, evitando su entrada en taller para primar la conservación integral del elemento tal como está actualmente, descartando la recuperación del sonido. Esa opción no forma parte del objetivo inicial del proyecto, que planteaba la recuperación del sonido y los yugos históricos en el conjunto de las campanas. Sin embargo, es una opción a valorar, en la situación actual, en base a los estudios y recomendaciones disponibles y se asume como propuesta de intervención, en este momento, al ser la solución más conservadora.

Los condicionantes para el proyecto de conservación-restauración son los siguientes:

3. 1. A. RECUPERACIÓN DEL VALOR DE AUTENTICIDAD. RESPETO DE LAS PÁTINAS.

3. 1. B. LESIONES ESTRUCTURALES. LA NECESIDAD DE TRATAMIENTO DE N'ELOI, N'ANTONIA Y NA SENYALS.

3. 1. C. VALORACIÓN DEL MÉTODO LACHENMEYER PARA LA INTERVENCIÓN

1.1.1. Recuperación del valor de autenticidad. Respeto de las pátinas.

La situación actual totalmente degradada del conjunto de campanas, no sólo deriva del paso del tiempo, sino también en buena medida de una motorización realizada prematuramente con unos recursos tecnológicos limitados que, además de alterar la emisión de sonido, al exigir un cambio de posición de los ejes que pasan a la altura del núcleo, en lugar de alinearse en la unión de la campana y el yugo, produce una alteración en los esfuerzos del badajo. Ello deriva en un mayor desgaste del labio de la campana, debido a la modificación del vector de presión del badajo.

Pátina que se observa en la campana nueva.

La intervención recupera los yugos originales, recoloca los ejes de giro en su posición histórica y, al tratar con un método fiable las fisuras y los fallos estructurales advertidos, confiere una nueva vida a las campanas con los parámetros geométricos originales de la campana, eliminando la alteración producida por la primera motorización. Una



de las cuestiones a plantear en este sentido, en cuanto a la recuperación del valor de autenticidad de los bienes intervenidos, es el **tratamiento de las pátinas**. Debemos distinguir entre la pátina noble y la acumulación de depósitos que forman la costra superficial. La costra superficial, que los campaneros denominan "sarro", es consecuencia del proceso natural de oxidación del bronce en un entorno determinado. En el caso de Palma, esta alteración se produce con una cierta facilidad, es un proceso de ciclo rápido. Puede observarse que la campana fundida en 1991, Na Tèrcia, presenta una coloración similar a otras que llevan siglos en el campanario, aún sin tener el mismo espesor de "sarro" en la superficie exterior. Cabe concluir, por tanto, que el estado natural de las campanas es el que presentan antes de intervenir, en el que la pátina del bronce se va recubriendo de una costra de sales y depósitos superficiales y adheridos, escasamente solidarizada con el núcleo metálico, la cual puede expulsar excrecencias exteriores a la pátina.

Respetar la pátina existente, es un criterio sustancial para mantener el valor de autenticidad de los bienes intervenidos.

El criterio del proyecto será, por tanto, el respeto de las pátinas históricas. En cuanto a las campanas que tienen daños estructurales, se hace precisa la intervención con el método Lachenmeyer, para cohesionar fisuras y reponer pérdidas de material. Durante este proceso la capa superficial de suciedad adherida se volatiliza, al menos en cuanto a la capa pulverulenta, y desaparece la capa de sales y la de depósitos superficiales adheridos, quedando el metal libre de estos. Cambia la coloración del núcleo metálico. Sin embargo, esa tonalidad nueva no debe ser limpiada, ya que su tratamiento derivaría en un pulido brillante y totalmente artificial. Al contrario, es una superficie de bronce que no requiere ningún tratamiento y que, en poco tiempo, adquirirá la tonalidad precedente, una vez sea reinstalada en el campanario y reciba la humedad característica del clima mediterráneo. Esta cuestión fue planteada al Sr. Lachenmeyer durante la valoración de su método de intervención, habiendo obtenido la respuesta escrita que se adjunta en la página siguiente. En dicho documento se hace referencia al criterio a considerar en la limpieza.

1.1.2. Lesiones estructurales. La necesidad de tratamiento de n'Eloi.

Alteraciones detectadas en el examen organoléptico realizado:

-Pérdidas de volumen en los bordes de la campana: Esta alteración es la más frecuente en el conjunto de campanas. Se localiza en los puntos de golpe del badajo que siendo demasiado duro y no estando bien equilibrado ha ido produciendo una notable erosión que se traduce en una pérdida de la calidad del sonido.

-Adición de elementos impropios: Esta campana (así como otras que se van a tratar) presentan en la parte superior sujeciones de acero para sujetar el badajo de acero a la parte superior del bronce. Se trata de una serie de tornillos pasantes que sujetan una pletina que a su vez sujeta el badajo. La perforación de la campana en esta zona puede influir en la distorsión de la tonalidad de la campana pero principalmente puede afectar a su estructura. De todos es sabido que el acero se oxida y que con esta oxidación se produce un aumento de volumen del material. Los ocho tornillos de acero producen una tensión en la



parte más delicada de la campana, donde se sitúan las asas que la sujetan al yugo. La acción como cuña de estos tornillos puede haber producido fisuras internas en el bronce. Hay que recordar que la campana se usa en ocasiones muy especiales y básicamente se la ha hecho repicar. Para que recupere el sonido original se le instalará su yugo de madera y (con sus nuevos ejes) se reproducirán los movimientos de bandeado originales para conseguir recuperar su sonido. El movimiento de bandeado produce una enorme tensión por la fuerza centrífuga a la que se ve sometida la campana. Las posibles microfisuras existentes podrían, con esa tensión, aumentar y comprometer la seguridad de la campana con unas consecuencias impredecibles. Es imprescindible sustituir la forma de sujeción del badajo, con una anilla de material inoxidable, tapar los agujeros existentes y verificar que no existan fisuras o microfisuras en esta zona.

-La decisión sobre la necesidad de proceder a la restauración en taller se toma tras analizar el porcentaje de pérdida de material. La pérdida supera el 10% del volumen del borde en varias campanas. Este es el umbral que se considera que no se debe sobrepasar. Las campanas que presentan esta alteración van a ser tratadas en caliente con el método Lachenmeyer de restauración de campanas históricas.

1.1.3. Lesiones estructurales. La necesidad de tratamiento de n'Antonia.

Alteraciones detectadas en el examen organoléptico realizado:

-N'Antònia presenta en la parte superior, en las anillas, la adición de unas correas de hierro para sujetar las asas en una reparación que se realizó en el pasado. Esta intervención es del todo inadecuada y denota que las asas se encontraban en muy mal estado por defectos de fabricación o por el uso. La superposición de estas correas añadidas no asegura su correcta conservación, sino que, al ser pasantes, y al atravesar la parte superior del vaso afectan a la campana así como también las sujeciones de acero colocadas para sujetar el badajo de acero a la parte superior del bronce. Se trata de una serie de tornillos pasantes que sujetan una pletina que a su vez sujeta el badajo. La perforación de la campana en esta zona influye en la distorsión de la tonalidad de la campana pero principalmente puede afectar a su estructura. De todos es sabido que el acero se oxida y que con esta oxidación se produce un aumento de volumen del material. Los tornillos de acero producen una tensión en la parte más delicada de la campana, donde se sitúan las asas que la sujetan al yugo. La acción como cuña de estos tornillos puede haber producido fisuras internas en el bronce.

-La decisión sobre la necesidad de proceder a la restauración en taller se toma tras analizar la necesidad de reforzar la estructura saneando las anillas originales, y eliminar los materiales impropios de la estructura original que se introdujeron en la reparación anterior.

1.1.4. Lesiones estructurales. La necesidad de tratamiento de na Senyals 2.

Alteraciones detectadas en el examen organoléptico realizado:

-Pérdidas de volumen: No presenta pérdidas de volumen pero si se detecta una grieta que se traduce en una pérdida de la calidad del sonido y a la larga irá aumentando su desarrollo, pudiendo llegar a romperse.

-La decisión sobre la necesidad de proceder a la restauración en taller se toma tras analizar la urgencia de proceder a la soldadura de la grieta: La recuperación de la discontinuidad de la grieta es primordial para la recuperación del sonido de la campana y para recuperar la estabilidad y garantizar la seguridad de la campana.

Detalle

1.1.5. La intervención prevista. El método Lachenmeyer.

Las intervenciones que hay que realizar en los bronce para recuperar volúmenes perdidos mediante soldadura y para tratar las grietas existentes se realizan en el interior de un horno. Es lo que viene a llamarse el método Lachenmeyer. Una vez eliminadas las fijaciones de acero no originales, añadidas en reparaciones anteriores, se introduce el bronce en el horno que se va calentando lentamente y de forma uniforme hasta alcanzar una temperatura de cerca de 400° C. La duración de este proceso depende de la aleación, del tamaño y grosores de la campana. A partir de ese momento es cuando se pueden realizar las tareas de recuperación de volúmenes perdidos y cuando se pueden detectar grietas antes imperceptibles así como las ya evidentes, mediante soldadura autógena con adición o no de material con una aleación de bronce compatible. El lento proceso de calentado paulatino produce un efecto de recocido en la campana haciéndole recuperar la cohesión al material y por tanto su resonancia y sonoridad.



1.1.6. Declaración de Lechenmeyer sobre la conservación de la pátina durante la restauración

Se incorpora a continuación.

Über 85 Jahre Erfahrung
Glockenschweißwerk
Lachenmeyer GmbH & Co.KG, D - 86720 Nördlingen
Geschäftsführer: Thomas Lachenmeyer, Registergericht Augsburg: HRA 14758
Gewerbestr. 4 Telf.: (0049) 09081/4589 Fax: (0049) 09081/23376
Internet: www.glockenschweissen.de eMail: schweisswerk.lachenmeyer@t-online.de

Lachenmeyer GmbH, Gewerbestr. 4, 86720 Nördlingen

Firma
Clock-0-Matic n.v.
B-3200 Holsbeek

Ihr Zeichen

Ihre Nachricht

Unser Zeichen
L/s

Datum
03.05.2012

Asunto: **Limpieza de campanas históricas**

Estimado Señor,

La Conservación de Sitios y Monumentos **no** permite la limpieza de campanas históricas mediante el chorre de arena, tampoco mediante el chorreo de silicato de aluminio micronizado, para que la pátina de la campana no se pierda.

Cuando soldamos las campanas históricas, se queman las suciedades en el horno. Después, la campana estará limpiada mediante un cepillo de alambre. La superficie de la campana histórica volverá a ser limpia.

En anexo se encuentran algunas fotos de campanas de las cuales la superficie ha sido limpiada después de la soldadura.

Cordialmente,
LACHENMEYER GmbH+Co.KG
GLOCKENSCHWEISSWERK



1.2. DESCRIPCIÓ DETALLADA DEL PROCESO DE DESMONTAJE, TRANSPORTE Y RECOLOCACIÓ.

1.2.1. Cómo bajar las campanas para su traslado a taller de restauración.

Tras analizar distintas alternativas, la Dirección de obra tomó conciencia de que la intervención más adecuada para las campanas, incluidas n'Eloi, pasaba por el tratamiento que se describirá en el proyecto de conservación y por su desplazamiento al taller de Nördlingen. Las razones derivan del estado crítico de la estructura en algunas campanas, de acuerdo con el detalle de patologías descritas en el proyecto de conservación que se incorpora en el siguiente apartado.

Se analizaron varias opciones con relación al punto de extracción de las campanas y como bajarlas ya que el tratamiento en el interior del campanario con este método era inviable, por los riesgos de incendio que conllevaría (según expresó en su día Lachenmeyer).

Las opciones pasaban por desmontar un parteluz o macizo entre ventanas (de una profundidad de 2m) o desmontar parte de la plementería de la bóveda. Después de las comprobaciones pertinentes y contando con el asesoramiento del profesor Huerta se decidió que la mejor de las opciones consistía en el desmontaje de una superficie de 2,5x2,5m² a plomo con la campana mayor. La intervención es más simple y sin pérdida de material original, con relación a demoler el parteluz y las jambas de un hueco lateral, y no entraña riesgos estructurales, ya que no afecta a los nervios de la bóveda.

Por la parte inferior de ésta se ha montado una cimbra realizada con tablonces de madera que sujetará los bordes exteriores de la cata, en la parte que no se desmontará, para que no se puedan producir movimientos.



Por la parte superior se ha realizado una cata vaciando el material de relleno existente con la supervisión arqueológica pertinente hasta llegar a la plementería. La excavación ha dejado al descubierto la naturaleza de los rellenos (vasijas cerámicas de distinto tipo estado de

conservación²) que van a ser protegidos con una lona hasta su posterior recolocación in situ y de los diferentes suelos. También ha permitido comprobar los grosores de los sillares de marés que conforman la plementería (de 30cms de grosor). De cara al desmontaje cabe señalar que las piezas que cierran el arco de la bóveda a desmontar (que se numerarán para su posterior montaje en idéntica posición) se enlazan con una junta, en la arista del arco apuntado, que rellena el espacio de mortero con forma de cuña. Este detalle hace que el desmontaje se simplifique ya que al ser la junta muy ancha asegura que las piezas no sufra desgaste por el uso de las herramientas en el proceso.



Los yugos de las campanas se van desmontando dejando los broncees libres, colocados sobre vigas que reparten el peso con las estructuras de madera del campanario. Con la ayuda de poleas y raíles de desplazarán hasta coincidir con el hueco abierto para ser izadas con la grúa (mientras no se utilice el hueco se instalará una cubierta par proteger de la lluvia el interior del campanario.

De este modo se podrá izar n'Eloi y el resto de campanas y bajarlas hasta la calle, donde se colocarán sobre una base de madera utilizando materiales de embalaje absorbentes adecuados para evitar rozaduras al introducir los diferentes broncees en el contenedor en el que viajarán a Alemania en camión con una empresa especializada en trasportes con todos los seguros correspondientes. Se evitará que el embalaje sea hermético para que no sufran efectos de condensación que podrían producir manchas.

El desmontaje de la bóveda y la posibilidad de usar una auto-grúa facilitará la extracción de todas las campanas y posteriormente de su recolocación con los yugos originales. Sin duda poder usar la auto-grúa confiere un plus de seguridad a las operaciones de bajada y subida de las campanas.

El desmontaje de la bóveda está avalado técnicamente, según el informe que se adjunta de Santiago Huerta. Dado que en la inspección de las campanas realizada por Lachenmeyer junto con el equipo redactor de este documento, se aprecian lesiones estructurales críticas en la campana n'Eloi y en las otras que se detallan en el proyecto de conservación-restauración, la alternativa si no se retira temporalmente la bóveda significaría inmovilizar definitivamente la campana n'Eloi, quedando totalmente prohibido tocarla, y debiendo proceder a su inmovilización y

² Ver informe arqueológico de Francisca Torres.

apuntalamiento mediante sistemas adicionales de sujeción del núcleo al eje, sin posibilidad de movimiento.

El desmontaje de las campanas en sí se realiza mediante la utilización de eslingas y polipastos. Se sujetan los bronce con eslingas mientras se desmontan los yugos metálicos separándolos de los bronce. Con la ayuda de un polipasto se baja el bronce apoyándolo sobre vigas de madera de sección suficiente para que soporten y repartan el peso. Posteriormente se desplazarán para su extracción.



La opción que todo el mundo imaginaba para la extracción de las campanas eran los ventanales. De hecho no es posible en el caso de n'Eloi pero por lo que respecta a n'Antònia, su extracción por uno de los ventanales supondría también desmontar fábricas que rellenan un mordido en las jambas del ventanal que da al claustro o bien desmontar parte de la fábrica de las jambas de la cara que da a l'Almoina. La operación de traslado de las campanas (las que caben por las ventanas) por el balcón exterior del campanario para introducirlas en el elevador no estaría tampoco exenta de riesgos. Al incorporar a n'Eloi a la lista de campanas que deben salir del campanario se han tenido que buscar una solución a este problema logístico.



1.2.2. Desmontaje de la bóveda

El proceso de vaciado del relleno de la bóveda, de acuerdo con el artículo 41 de la Ley de Patrimonio de les Illes Balears, se ha realizado con un estricto control arqueológico. En la respuesta al punto 1 del requerimiento del Servicio de Patrimonio se incluye un informe exhaustivo sobre las unidades estratigráficas. Dicho informe servirá de base para la reconstrucción posterior

de la bóveda. El trabajo de retirada de escombros se ha hecho siempre con **control de arqueólogo**, comunicando específicamente la intervención arqueológica en la cubierta. Las cuestiones relativas al almacenaje, protección, estudio e inventario del material extraído, contarán también con su supervisión.

El procedimiento a seguir para retirar temporalmente la bóveda se iniciará una vez aprobada la presente documentación, con el desmontaje de la plementería mediante su encimbrado, ya realizado por motivos de seguridad, la identificación inequívoca de los mampuestos de la plementería y su almacenamiento o acopio seguro. La apertura de la cubierta requerirá la **construcción de una cubierta provisional** como elemento auxiliar de obra. Esta cubierta se hará con materiales de madera y lámina de plástico o EPDM (caucho de etileno propileno-dieno) para impermeabilizar, que no requerirán ninguna alteración de la estructura principal. Las medidas de protección de los bienes acopiados en obra se determinan en el informe arqueológico.

Por la parte inferior de ésta se ha montado una cimbra realizada con tablonos de madera que se ha extendido a la totalidad de la plementería entre arcos cruceros, incluyendo la parte que no se desmontará para que no se puedan producir movimientos. Por la parte superior se ha realizado una cata vaciando el material de relleno existente con la supervisión arqueológica pertinente hasta



llegar a la plementería. La excavación ha dejado al descubierto la naturaleza de los rellenos (vasijas cerámicas de distinto tipo estado de conservación³) que van a ser protegidos con una lona hasta su posterior recolocación in situ y de los diferentes suelos. También ha permitido comprobar los grosores de los sillares de marés que conforman la plementería (de 30cms de grosor). Hemos apreciado que hay una discontinuidad en el trasdós de la plementería coincidiendo con la arista que separa ambos plementos, que de hecho son independientes, y el espacio correspondiente a la "clave" se encuentra relleno con mortero, limitándose el contacto entre los sillares a la arista inferior.

De cara al desmontaje cabe señalar que esa junta que rellena el espacio con forma de cuña hace que el desmontaje se simplifique ya que al ser la junta muy ancha asegura que las piezas no sufran desgaste por el uso de las herramientas en el proceso.

El desmontaje de la bóveda y la posibilidad de usar una auto-grúa facilitará la extracción de todas las campanas y posteriormente de su recolocación con los yugos originales. Con el anterior sistema se tenían que desmontar parte del relleno de los huecos mencionados y manipular los

³ Ver informe arqueológico de Francisca Torres.

bronces moviéndolos por el voladizo. Sin duda poder usar la auto-grúa confiere un plus de seguridad a las operaciones de bajada y subida de todas las campanas.

Los yugos metálicos modernos de las campanas se irán desmontando dejando los broncees libres, colocándolos sobre vigas que repartan el peso con las estructuras de madera del campanario. Con la ayuda de poleas y raíles se desplazarán hasta coincidir con el hueco abierto para ser izadas con la grúa (mientras no se utilice el hueco se instalará una cubierta para proteger de la lluvia el interior del campanario).

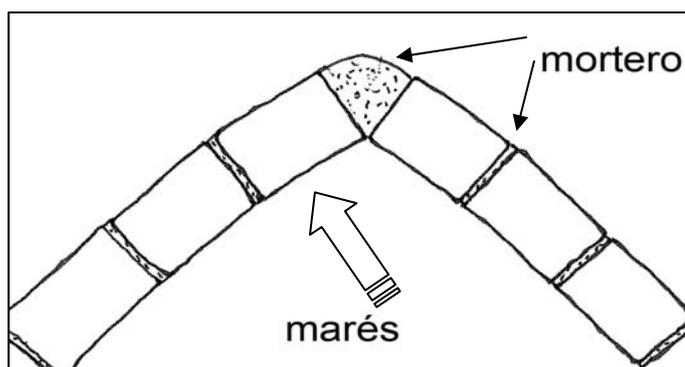
De este modo se podrá izar n'Eloi y el resto de campanas y bajarlas hasta la calle. Esta operación será llevada a cabo por la empresa Grúas Pol con una auto grúa. Cada campana que se baje se irá colocando sobre una base de madera creada ex profeso para cada una de ellas. Para su embalaje se utilizarán materiales de embalaje absorbentes adecuados (Ethafoam) para evitar rozaduras al introducir y colocar los diferentes broncees en el contenedor en el que viajarán a Alemania. Se evitará que el embalaje sea hermético para que no sufran efectos de condensación que podrían producir manchas.

1.2.3. Prescripciones relativas al movimiento mediante grúa

La empresa responsable de la operación ha aportado el cálculo de las tensiones en cada uno de los apoyos de la grúa, para un peso en punta máximo de 10 Tm. Con los datos facilitados se procede a calcular la tensión sobre el terreno, para verificar si el reparto de cargas es suficiente para garantizar la fiabilidad de la operación. Se trabaja con una presión sobre el terreno en el apoyo con mayor sollicitación de carga de 43 Tm. El reparto de cargas se efectúa mediante la instalación de una chapa de 2,50 x 2,50 m. De acuerdo con estos datos, la presión sobre el terreno en la hipótesis de un reparto homogéneo de las cargas, será aproximadamente de 0.7 kg/cm².

En obra se deberá revisar la solución a adoptar para el apoyo de la grúa, con objeto de garantizar el correcto reparto de cargas en todo el ámbito de la chapa de apoyo, tendiendo previamente un lecho de arena nivelado para establecer una continuidad de esfuerzos entre el apoyo de la grúa y el terreno, con las precauciones requeridas para que no pueda flechar la plataforma de apoyo.

Se aporta el informe del especialista en estructuras arquitectónicas Santiago Huerta, confirmando que la solución adoptada es sencilla y fiable. Se aporta también el gráfico de cálculo de la tensión sobre el terreno prevista sobre cada uno



de los apoyos en las operaciones de extracción de las campanas mediante grúa.



POLITÉCNICA



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS
DE EDIFICACIÓN

Sobre la extracción de la Gran Campana de la torre de la catedral de Mallorca Informe preliminar

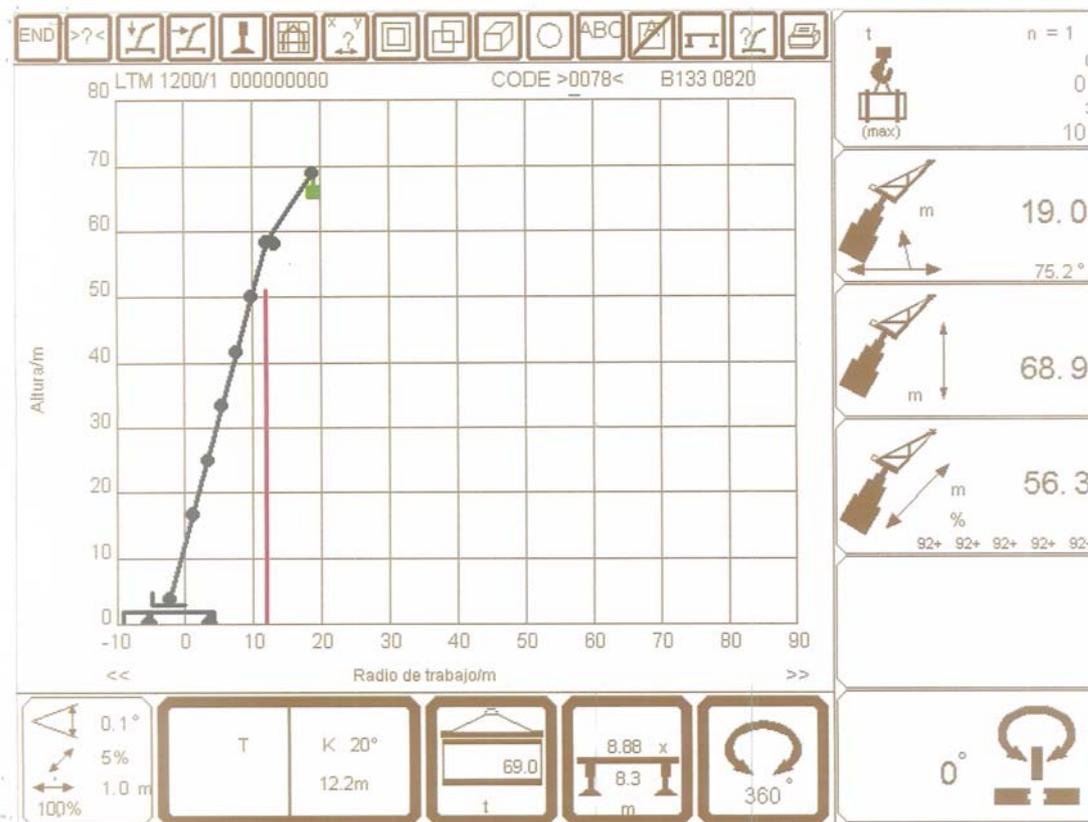
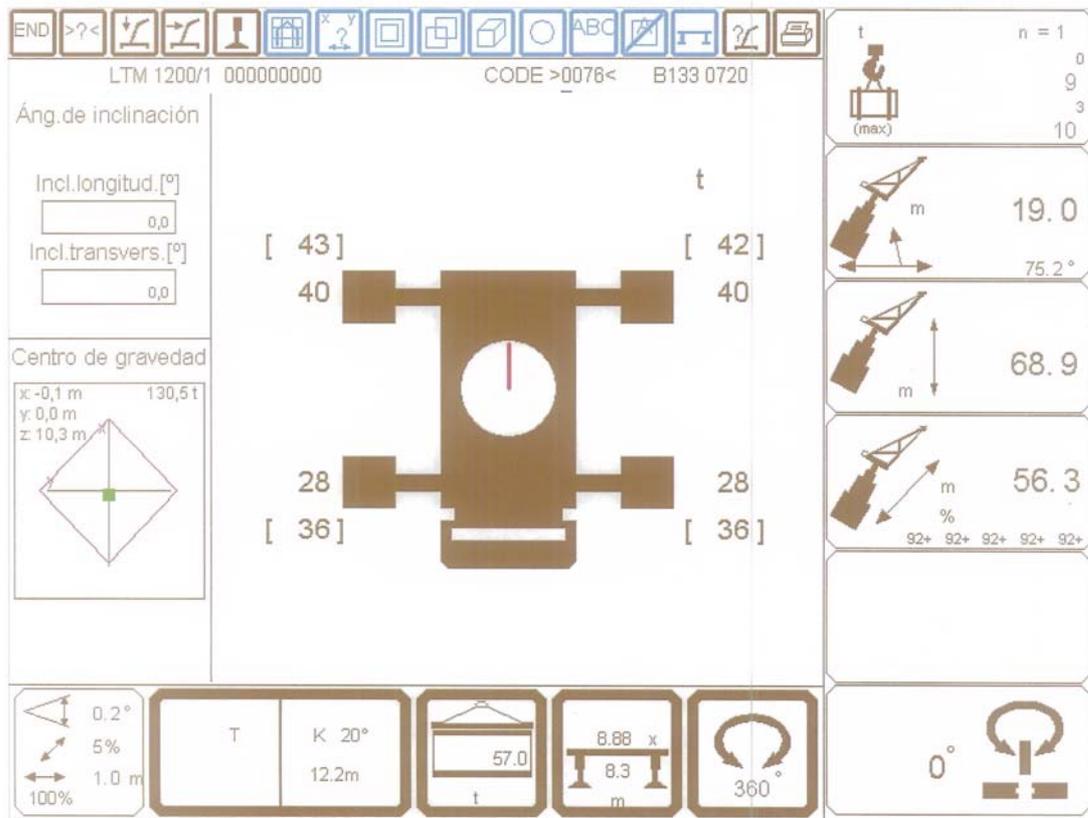
Tras dos visitas de inspección en compañía del arquitecto D. Enric Taltavull y el representante de la empresa Trycsa D. Jaime Represa debo decir:

- 1) El método más adecuado y económico de extracción de la campana es el desmontaje de unos de los cuatro paños de la bóveda de crucería que soporta la cubierta de la torre. Cualquier otra opción supondría hacer un agujero de considerables dimensiones en el grueso muro de la torre, operación difícil y costosa. Con toda probabilidad la campana se introdujo en origen desde la parte superior.
- 2) El desmontaje no compromete la seguridad de la bóveda si se realiza con las precauciones adecuadas, y deja un espacio suficiente para la extracción segura de la Campana mediante una grúa situada en el exterior.
- 3) La naturaleza de la construcción de la bóveda facilita la operación de desmontaje:
 - La terraza está soportada por un relleno de tierra con y vasijas fáciles de retirar.
 - La plementería está formada por sillarejos que pueden numerarse y desmontarse sin que la piedra sufra.
 - Los nervios permanecerán en su sitio.
- 4) Deberá colocarse un apeo sencillo en los nervios y apeos en las plementerías de los dos paños adyacentes para evitar los empujes laterales sobre el hueco desmontado. Se deben calcular los esfuerzos laterales que debe soportar el apeo.
- 5) El hueco permanecerá cubierto hasta la llegada de la Campana restaurada. Con posterioridad se procederá a la reconstrucción del paño de la plementería y del relleno, empleando los mismos elementos y técnicas.
- 6) Finalmente, hay que decir que el proceso de desmontaje, debidamente documentado en todas sus etapas aportará nuevos y valiosos datos para la historia constructiva de la catedral. El conocimiento constructivo es indispensable para la restauración y mantenimiento de las obras de fábrica.

Todas las afirmaciones anteriores se justificarán en el informe definitivo.

Todo lo cual afirmo y rubrico a mi leal saber y entender en Madrid a 28 de mayo de 2013

Fdo: Santiago Huerta Fernández
Profesor titular
Universidad Politécnica de Madrid



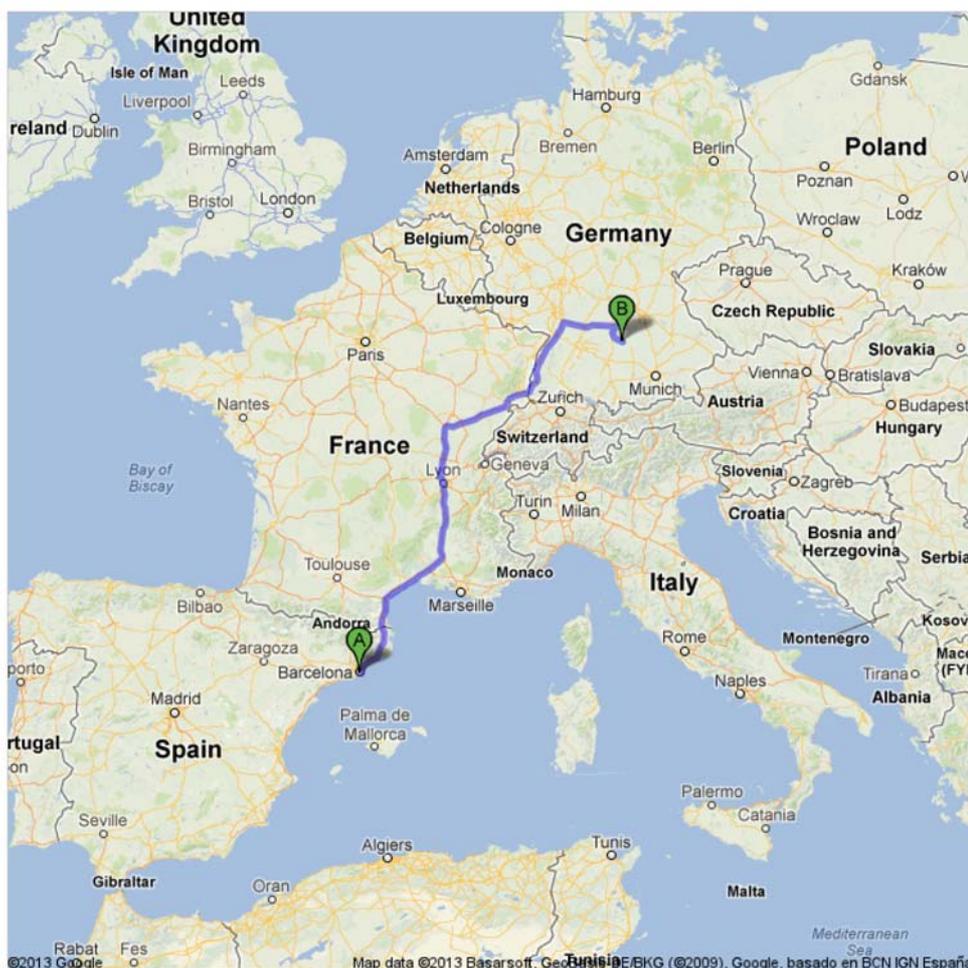
1.2.4. Transporte de las campanas para su restauración

Las campanas van a ser colocadas y sujetas en Palets de madera fabricadas a medida de cada campana. El detalle de la ruta de servicio del transporte desde Palma a Alemania en la empresa de Lachenmeyer:

-Tramo 1: Recogida en PMI y arrastre hasta la terminal DB Schenker Spain - Tir en Barcelona, vía ferry.

-Tramo 2: Terminal BCN>Destino en DE-86720, via transporte terrestre de dos conductores, sin paradas ni descansos en ruta. tiempo aproximado desde BCN aprox. son de 24 horas.

El camión irá monitorizado y controlado por GPS. El camión, será del tipo **tautliner** (lona) y destoldable por el techo y laterales. La mercancía obviamente no sufrirá ningún tipo de manipulación ni trasbordo en ruta. La compañía de transporte dispone del seguro máximo obligatorio según estipula el convenio CMR.



1.2.5. Recolocación de la bóveda.

Los bronce viajarán al taller de Lachenmeyer donde serán tratados. Posteriormente volverán a Mallorca donde se ensamblarán los yugos originales (probablemente en las naves que posee el Cabildo en Son Oms) y se izarán y recolocarán en su ubicación original. Posteriormente se electrificarán instalando los sistemas precisos para asegurar los movimientos de bandeó y volteo previstos para recuperar la forma de tocar y el tono de cada campana.

Finalmente se volverán a montar las mismas piezas originales de la plementería en su ubicación exacta, rejuntando las piezas con mortero de cal de las mismas características que el original. Montada la plementería se colocarán las vasijas de relleno en su ubicación original así como los diferentes estratos de suelo encontrados hasta la impermeabilización y el solado existente, finalizando así la intervención. Cabe indicar que el desmontaje no supone riesgo alguno para el edificio que no verá en ningún momento comprometida su seguridad ni autenticidad.

El proceso detallado de montaje se describe en el punto 2, en encuadernación separada de la de este pliego. Para su realización deberá consultarse el informe arqueológico del punto 1 y la ejecución de los trabajos se realizará con supervisión arqueológica, de acuerdo con el art. 41 de la Ley de Patrimonio de les Illes Balears, al tratarse de trabajos que afectan el subsuelo.

1.3. PROYECTO DE CONSERVACIÓN-RESTAURACIÓN DE LAS CAMPANAS.

De acuerdo con el requerimiento del Consell se redacta con especificación individualizada para cada elemento de cada una de las campanas. Se hace constar también la autoría de su redacción a cargo de Miquel Vidal Femenies, Conservador-Restaurador, en coordinación con el resto del equipo redactor y los responsables de la intervención por parte de la empresa adjudicataria. Se aporta aquí la relación de las campanas con especificación individualizada para cada elemento de cada una de las campanas. De todos los tratamientos se describen los objetivos, justificación de la necesidad de tratamiento, metodología, equipamiento y materiales que se utilizarán.

LOCALIZACIÓN DE LAS CAMPANAS. Existen en total nueve campanas con sus yugos de madera con las siguientes nominaciones:

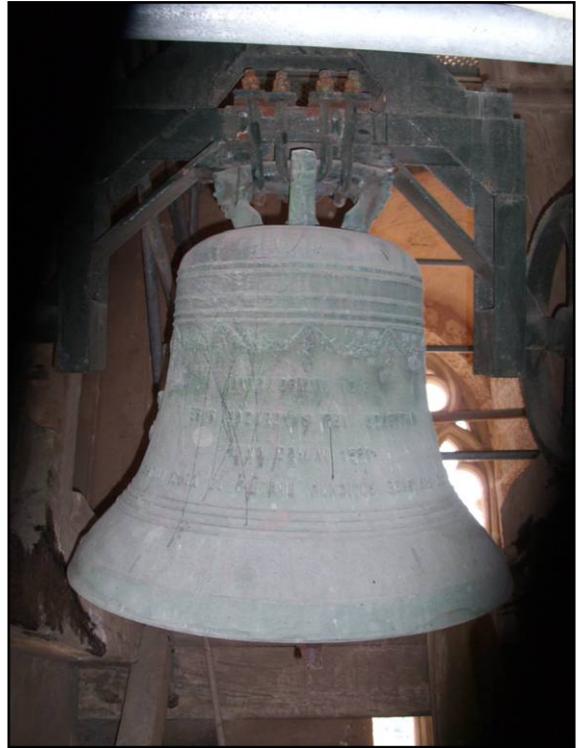
PARTE INFERIOR DEL CAMPANARIO. SEIS CAMPANAS			
TERCIA	ANTONIA	NOVA	PRIMA
MATINES			PICAROL
PARTE SUPERIOR DEL CAMPANARIO. TRES CAMPANAS			
MITJA		BÁRBARA	
		ALOY	

ESPADAÑA: CAMPANES DE SENYALS 2 Y 1

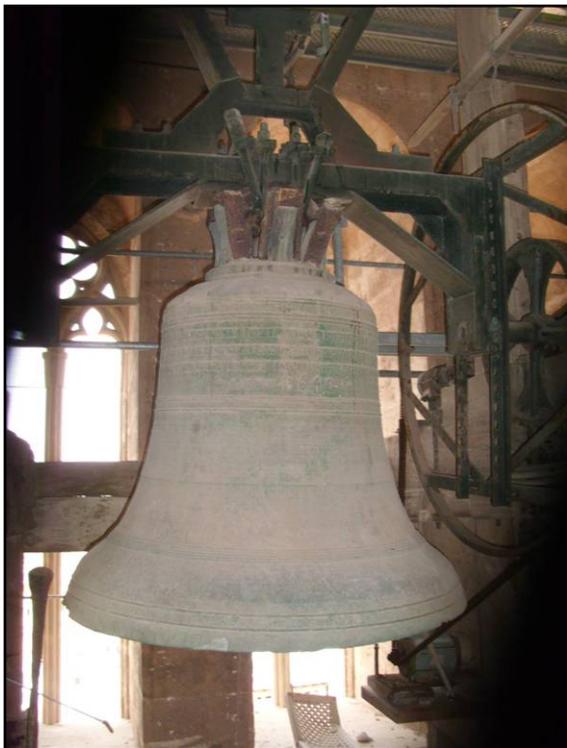
MATINES



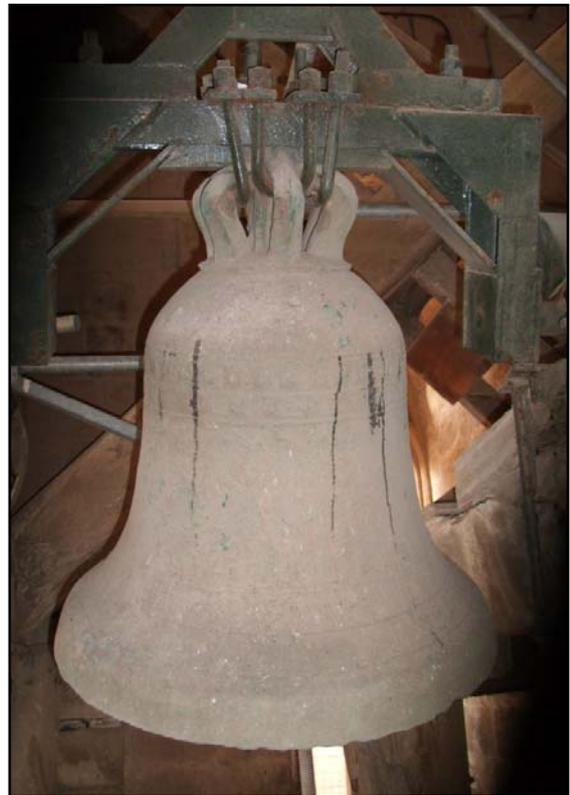
TERCIA



ANTONIA



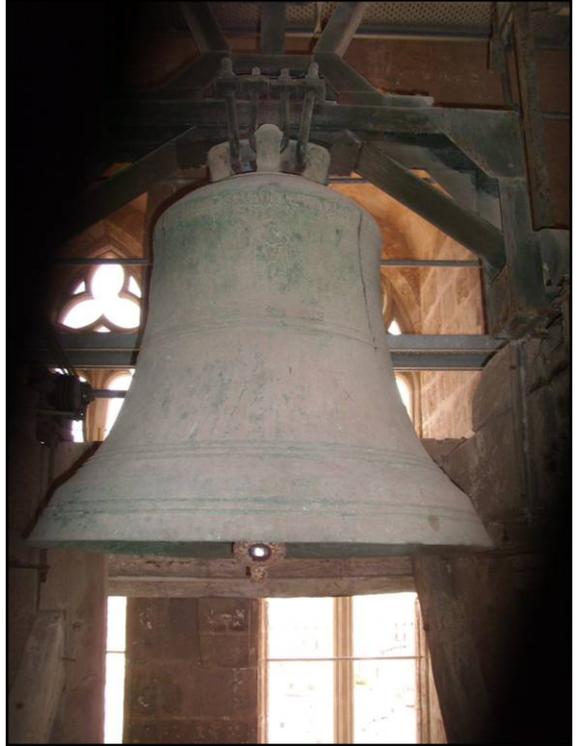
NOVA



PRIMA



PICAROL



BÁRBARA



MITJA

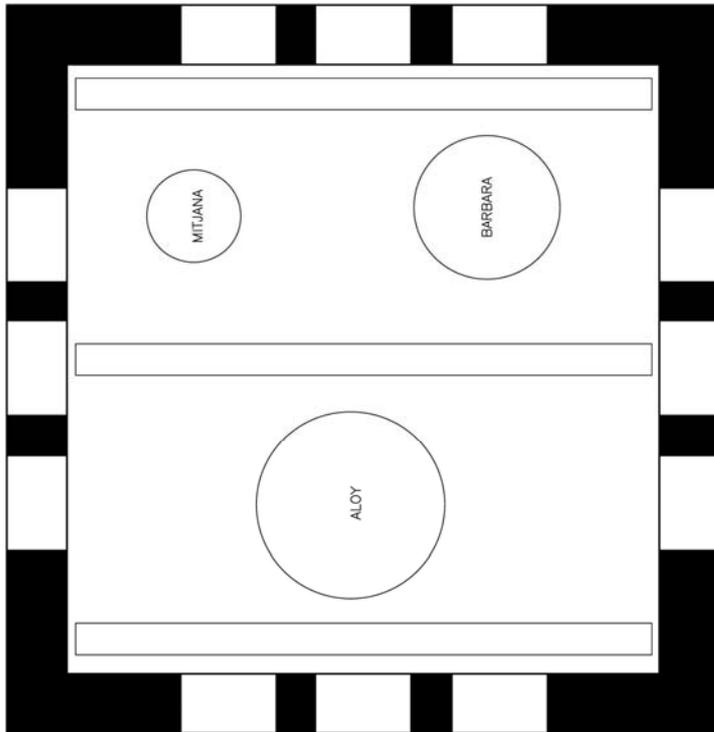


ALOY

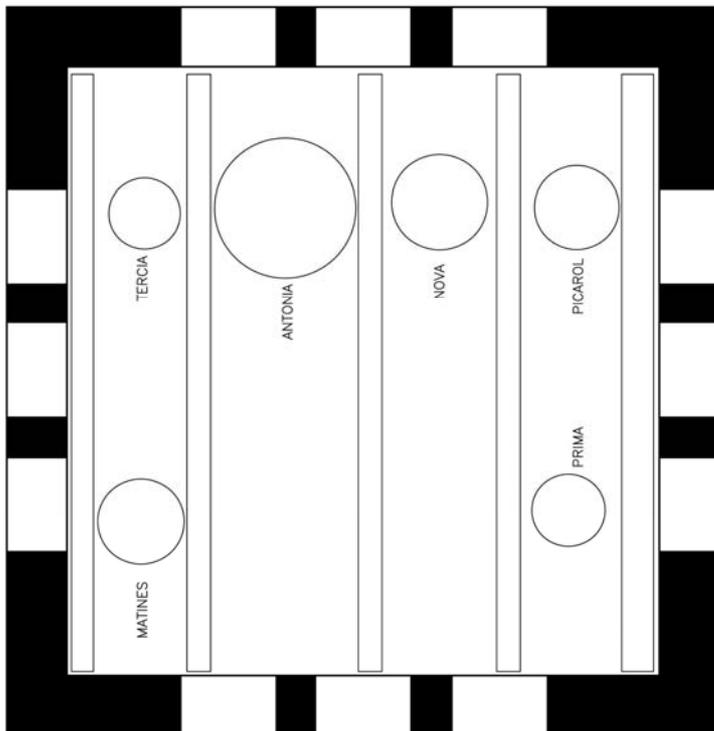


CAMPANAS DE SEÑALES 1 Y 2

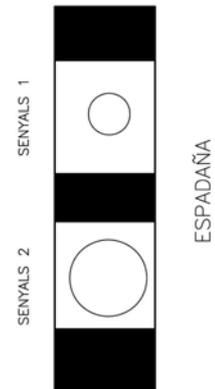




NIVEL SUPERIOR



NIVEL INFERIOR



1.3.1. N'Eloi

Fundició año	1592
Diámetro	200 cm
Peso aproximado	4632 Kg



N'Eloi

Descripción del objeto:

El bronce:

Materia: El vaso está realizado en fundición de bronce.

Dimensiones: El diámetro de la campana es de 2000 mm y su altura es de 1360 mm.

Peso: Peso estimado 4.632 kg.

Fundidor: Joan de Salorge o Salorsena, Pere Bonafós, Miguel Homar, Joan Benet Bonnín i mestre Oliver.

Inscripciones: Ver calco de las epigrafías.

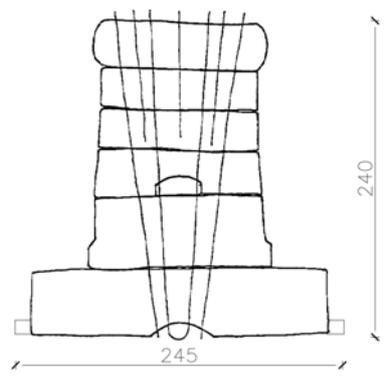
Se trata de la campana mayor del campanario y la que mayor carga simbólica posee. Como parte de la documentación de la campana se aportan fotografías adicionales generales y de detalle así como el calco de las epigrafías que presenta.

En la actualidad presenta un yugo metálico instalado a mediados del siglo XX que será sustituido por otro, de madera, más antiguo. el yugo metálico incide negativamente en la sonoridad de la campana.

El badajo:

Presenta un badajo de hierro dulce fijado a la campana con tornillos y pletinas modernas.

El yugo:



Materia: El yugo está constituido por madera de encina muy bien escuadrada pero sin salir de la forma muy simple. Cuenta con herrajes metálicos que sirven para sujetar la campana al yugo. Una de las sujeciones atraviesa en sentido longitudinal el yugo mientras que dos pares más por cara lo hacen exteriormente pasando a través de unas fijaciones metálicas clavadas a la madera.

Dimensiones: Está formado por seis piezas de madera que conforman un bloque de las siguientes dimensiones: ancho superior 152 cms, ancho inferior (eje) 245 cms, alto 240 cms y 41 cms de grosor.

Revestimientos: La melena presenta un revestimiento (pintura) de tipo esmalte al aceite de color gris menos donde van los herrajes lo que demuestra que fue pintado una vez montado.

Decoraciones-inscripciones: Presenta una inscripción en la tercera viga (empezando por abajo), pintada en color negro, en mayúsculas y en una tipografía de aire modernista sobre el revestimiento de color gris que reza "ALOY". En una de las testas de la pieza inferior (eje) y de forma discreta encontramos otra inscripción pintada en negro que reza: "V. CATÁN PINTOR 3 MARZO 1920".



Estado de conservación del objeto:

El bronce:

Alteraciones detectadas en el examen organoléptico realizado:

-Depósitos superficiales y adheridos: La campana presenta depósitos de polvo adherido que cubren prácticamente la totalidad de la parte exterior de la campana.

Estos depósitos de suciedad superficial impiden poder realizar un examen más exhaustivo acerca del estado de las campanas a nivel epitelial. En una primera observación se detectan restos de pintura, imprimación y grasas en



forma de salpicaduras, principalmente fruto del mantenimiento de los yugos. En una observación más concienzuda vemos como en algunos puntos estos depósitos han saltado, dejando ver zonas donde el bronce está exfoliado con pérdidas de material, observándose lagunas de diferente consideración. También podemos notar a través de estos puntos libres de depósitos superficiales o en zonas más protegidas como el metal, en contacto con los agentes atmosféricos, ha ido transformándose. Se observa el color del propio metal de color marrón en la parte protegida por el yugo, zonas de óxido con la típica coloración de "rojo inglés" y diferentes verdes azulados propios de la transformación de óxidos en sales a través del contacto con la contaminación atmosférica y el spray marino. A través de las analíticas, cuyos resultados se adjuntan en documentación aparte, podemos conocer la naturaleza de estas sales, así como deducir de forma más precisa cómo se han formado, e incluso sus espesores, para tener un mayor control de cara a las intervenciones de limpieza.

-Pérdidas de volumen: Encontramos importantes pérdidas en el borde de la campana o labio. Esta alteración es la más frecuente en el conjunto de campanas. Se localiza en los puntos de golpe del badajo que siendo demasiado duro y no estando bien equilibrado ha ido produciendo una notable erosión que se traduce en una pérdida de la calidad del sonido. La pérdida supera el 10% del volumen del borde. Este es el umbral que se considera que no se debe sobrepasar para considerar que existe una modificación sustancial del sonido. El resto de campanas que presentan este grado de alteración, salvo las 4 góticas, van a ser tratadas en caliente con el método Lachenmeyer.



-Adición de elementos impropios: Esta campana (así como otras que se van a tratar) presentan en la corona o parte superior sujeciones de acero para sujetar el badajo de acero a la parte superior del bronce. Se trata de una serie de tornillos pasantes que sujetan una pletina que a su vez sujeta el badajo. La perforación de la campana en esta zona influye en la distorsión de la tonalidad de la campana pero principalmente puede afectar a su estructura. De todos es sabido que el acero se oxida y que con esta oxidación se produce un aumento de volumen del material. Los ocho tornillos de acero producen una tensión en la parte más delicada de la campana, donde se sitúan las asas que la sujetan al yugo. La acción como cuña de estos tornillos puede haber producido fisuras internas en el bronce. Hay que recordar que la campana se usa en ocasiones muy especiales y básicamente se la ha hecho repicar. Para que recupere el sonido original se le instalará su yugo de madera y (con sus nuevos ejes) se reproducirán los movimientos de bandeado originales para conseguir recuperar su sonido. El movimiento de bandeado produce una enorme tensión por la fuerza centrífuga a la que se ve sometida la campana. Las posibles microfisuras

existents podrien, con esa tensió, augmentar y comprometer la seguretat de la campana con unas conseqüències impredecibles. Es imprescindible substituir la forma de sujeció del badajo, con una anilla de material inoxidable usando el únic agüero original, tapar los agüeros existents y verificar que no existan fisuras o microfisuras es esta zona.

El badajo:

Como hemos apuntado la sujeció del badajo a la campana no ofrece las garantías necesarias para su seguridad. Al mismo tiempo no está colocado con la precisión debida, lo que ha producido el desgaste localizado del bronce. Los badajos son elementos funcionales que se han ido substituyendo a lo largo de los años, cuando su desgaste heterogéneo incidía negativamente en el sonido y en la conservación de la campana y cuando simplemente por el uso se acercaban tornándose más rígidos.



Uno de los badajos (que ya fue substituido) de n'Eloi.

El yugo:

Alteraciones superficiales detectadas en el examen organoléptico realizado:

-Depósitos superficiales y adheridos: Las diferentes partes que conforman el yugo presentan depósitos de polvo adherido que cubre la totalidad de la parte exterior de la campana.

Los yugos de madera presentan gran cantidad de suciedad superficial debido a que se han colocado en su ubicación actual sin ningún tipo de protección ni mantenimiento. De forma localizada encontramos



importantes depósitos de restos de grasa y polvo en la parte que corresponde a los ejes, fruto del engrasado paulatino de los ejes. De entre los diferentes depósitos presentes hay que mencionar algunos restos poco importantes de pintura negra usada en el repintado de los herrajes e incluso de minio. Cabe mencionar que seguramente los yugos en uso fueron objeto de un mantenimiento continuo en el que no se tuvo mucho cuidado en el elemento como objeto patrimonial. Cuando alguna parte estaba en mal estado se sustituía, y cuando había que darles una mano de pintura, se daba, sin mucho cuidado ni discriminación por lo que se desprende de los goteos y salpicaduras.

La oxidación de los herrajes ha producido también tinción sobre la superficie

La capa de pintura existente, monocroma y de color gris, se encuentra en relativo buen estado, con algunas rozaduras de tipo antrópico y algunas pérdidas de diferente consideración, se conserva en un porcentaje muy elevado y en un estado de conservación bastante bueno.

Alteraciones existentes en el soporte del yugo detectadas en el examen organoléptico realizado:

La madera que constituye la estructura del yugo se encuentra en un estado de conservación aceptable. La principal alteración que presenta es el ataque biológico y se puede considerar

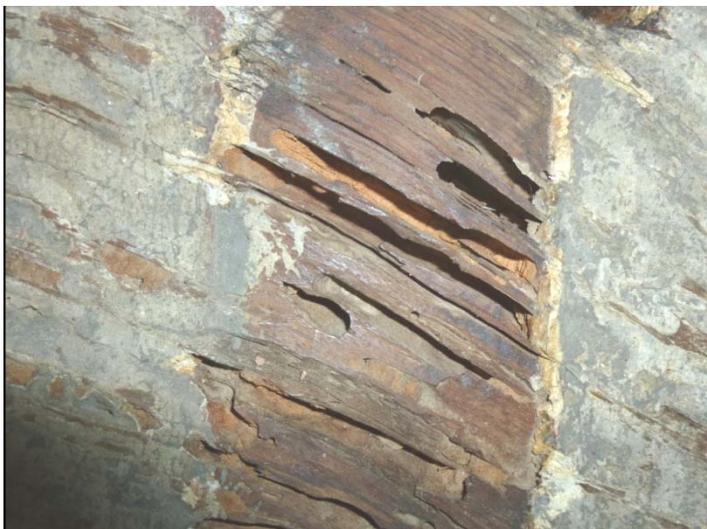


como moderado. Se observan orificios de insectos xilófagos principalmente en las caras interiores. Se detectan dos tipos de orificios: de *Hylotrupes bajulus* y de *Anobium punctatum*.

Los orificios y galerías de mayor tamaño que se observan son de entorno a los ± 8 mm por lo que se trata de un ataque de *Hylotrupes bajulus*. Conocido como "Reloj de la muerte", pertenece al orden de los Coleópteros y a la familia Cerambycidae. Es de color negro grisáceo, con manchas claras en los élitros (alas) y gran pilosidad en la cara dorsal del tórax. Las antenas más cortas que el largo del cuerpo, a diferencia de otros taladros donde las antenas cetáceas suelen superar la longitud corporal. Los adultos, machos y hembras, suelen medir entre 18 y 25 milímetros. Son insectos que se reproducen sexualmente, es decir que es necesario que ocurra la cópula entre macho y hembra. La multiplicación se da a través de huevos. Su metamorfosis es completa y posee estadios de Huevo-Larva-Pupa-Adulto. Cada hembra coloca entre 40 y 50 huevos en toda su vida. Suele realizar varias oviposiciones en distintos sitios durante cinco días. Eligen grietas y rajaduras de la madera para colocar los huevos. Luego de nueve días de incubación, las larvas emergen del huevo maduro y comienzan a barrenar la madera hacia la zona

central, generalmente més blanda. Son larvas, cerambiciformes, poseen una càpsula cefàlica bien marcada y el tórax sumamente ensanchado. No poseen patas (solo seudópodos) y se desplazan en las galerías gracias a los movimientos peristálticos que realizan. Por tratarse de individuos xilófagos (se alimenta de madera), las larvas son las que realizan el daño verdadero. La capacidad que poseen las larvas de digerir la celulosa de la madera se debe a la relación simbiótica que mantienen en su tracto digestivo con un grupo de bacterias. Al llegar al último estadio larval, realizan un agujero oval en la cara superficial de la madera y antes de formar la pupa (libre o exarata) lo tapan con aserrín facilitando la salida del adulto. El período de pupa puede alcanzar los veinte días. Los adultos suelen emerger en los meses de temperatura favorable, pudiendo vivir entre diez y quince días.

El desarrollo óptimo del insecto ocurre en maderas con porcentajes de humedad entre 15 y 28 %. No obstante puede atacar maderas añosas estacionadas. Lo habitual es que las hembras coloquen sus huevos en la misma madera de la que han emergido. De ahí, que en altas infestaciones, el deterioro de vigas y tirantes de techo suele ser tan acelerado. Las principales características para identificar la presencia de este insecto son: caída de aserrín refinado (talco), presencia de orificios ovales superficiales en cabios o columnas (7 a 10 milímetros), sonidos característicos "Crujido", y finalmente la visualización de adultos emergidos.



El otro ataque, de menor intensidad y más moderado, por los tamaños de los orificios de salida, de entorno a los 2mm es de *Anobium punctatum* (carcoma común) pertenece al orden de los coleópteros (escarabajos), el más numeroso de la clase de los insectos, y dentro de este a la familia de los Anóbidos.

Los anóbidos, en su estado adulto, son pequeños escarabajos (miden menos de 6-7 mm.). El *anobium punctatum* es una especie ampliamente difundida por todo el mundo. Son insectos de metamorfosis completa, lo que quiere decir que su ciclo biológico pasa por cuatro estados: huevo, larva, pupa y adulto.

De los huevos, depositados en grietas y fisuras de la madera, nacen las larvas. Son gusanos blancos de menos de 1 mm. gruesos, curvados y en forma de C, con la cabeza grande y las patas cortas, que desde el primer momento comienzan a alimentarse, gracias a sus potentes mandíbulas, perforando la madera hasta crecer y llegar a los 5 mm. Tienen un par de ocelos

(ojos simples) gracias a los cuales distinguen la luz de la oscuridad, lo que les permite evitar que las galerías que hacen salgan a la superficie. Este estado larvario dura 2 o 3 años, y tras este periodo la carcoma empupa. Pasa a ser un capullo inmóvil (pupa) durante unos días para transformarse posteriormente en adulto (escarabajo).

Los adultos miden unos 4 mm. Son de color oscuro y presentan unos pequeños puntitos (de ahí su denominación de punctatum). Son alargados u ovalados, con antenas serradas o pectiformes (a modo de peines) con el protórax (segmento que hay tras la cabeza) globoso y dirigido en su parte dorsal anterior hacia delante, de forma que cubre parcialmente la cabeza a modo de capucha.

Los adultos emergen del interior de la madera realizando una perforación circular de 1,5 mm. y dejando escapar una pequeña y delatadora cantidad de serrín. Tienen capacidad de vuelo y a partir de este momento viven de 3 a 4 semanas y su única función es la reproducción. La hembra una vez fecundada deposita sus huevos, entre 60 y 100 en las pequeñas ranuras y grietas de la madera. Pasadas 3 ó 4 semanas eclosionarán y el ciclo comenzará de nuevo.

La carcoma se alimenta y ataca la madera muerta en descomposición y la madera trabajada en interiores, preferentemente lugares poco ventilados. Se desarrollan tanto en la albura como en el durámen de maderas muy secas. La carcoma tiene un régimen estrictamente xilófago, ataca diferentes maderas, pero tiene predilección por las blandas. Como sucede con otros insectos similares, las diferentes especies suelen entrar en competencia, por lo que es difícil que aparezcan diferentes tipos de xilófago en una misma pieza.

La acción continuada de la carcoma en la madera altera sus propiedades físicas. La gran cantidad de galerías que pueden llegar a excavar debilita la madera de tal manera que es fácil que sea extremadamente frágil o, en casos extremos, llegue a desaparecer.

Por el color del serrín que se halla en el interior de las galerías no parece que los ataques sean recientes. Al ser el soporte de madera de encina, y por tanto, de una gran dureza, el ataque biológico no ha alterado significativamente la consistencia de los elementos de una forma generalizada.

En zonas puntuales cercanas a las aristas existen algunas zonas debilitadas por los ataques de los insectos xilófagos y esto unido a efectos de origen antrópico (en el traslado de los yugos cuando se sustituyeron por los



metàlics) ha desembocad en pèrdis de volumen pero siempre poco significativas.

De forma puntual encontramos fendas de secado que por su disposición y características no representan un problema para la estructura de ninguna de las piezas que conforman el yugo.

Alteraciones existentes en los herrajes detectadas en el examen organoléptico realizado:

Las piezas metálicas que forman parte del yugo uniendo las piezas de madera presentan una oxidación superficial moderada. En ningún caso se aprecia exfoliación por lo que la oxidación no representa una alteración significativa. En los herrajes se observan a nivel superficial y de forma residual restos de pintura (de color negro), de minio de plomo (de color naranja) e incluso de color gris, color con el que se fueron pintando la mayoría de los yugos.

La alteración más significativa que presentan algunos de los herrajes es que están seccionados. Todo apunta que en el momento de sustituir los yugos de madera por los metálicos se cortaron algunos de ellos por la altura de la rosca para facilitar su desmontaje (seguramente el óxido dificultó que las tuercas salieran y se optó por cortarlas con seguetas).

La mayoría de los herrajes se conservan (con cortes algunos y enteros otros). Faltan algunas de las sujeciones metálicas que unían los herrajes a los bloques de madera.

Criterios de intervención (en taller de restauración)

La intervención prevista en los bronce (esta campana se debe trasladar al taller).

-Limpieza de depósitos: En esta campana no están previstas *a priori* actuaciones de limpieza de depósitos superficiales. Esto es porque se pretende realizar la intervención de conservación en horno, lo que implica la práctica desaparición de los mismos.

-Recuperación de volúmenes: La recuperación de los volúmenes perdidos es primordial para la recuperación del sonido de la campana y para recuperar la estabilidad y garantizar la seguridad de la campana. Las intervenciones que hay que realizar en los bronce para recuperar volúmenes perdidos y tratar las grietas existentes (visibles o no en un primer examen) se llevan a cabo en el interior de un horno mediante soldadura autógena con la aportación o no de material (bronce de las mismas características). Es lo que viene a llamarse el método Lachenmeyer. Una vez eliminadas las fijaciones añadidas de acero, se introduce el bronce en el horno que se va calentando lentamente y de forma uniforme hasta alcanzar una temperatura de cerca de 400°C. La duración de este proceso depende de la aleación, del tamaño y el grosor de la campana. A partir de ese momento es cuando se pueden realizar las tareas de recuperación de volúmenes perdidos y cuando se pueden detectar grietas antes imperceptibles así como las ya evidentes. El lento proceso de calentado paulatino produce un efecto de recocido en la campana haciéndole recuperar la cohesión al material y por tanto su resonancia y sonoridad. Esta operación no se puede llevar a cabo con garantías fuera del horno y con un control exhaustivo de la temperatura

durante todo el proceso. Con este sistema se recuperarán los volúmenes perdidos por desgaste, agujeros y fisuras, con soldadura autógena con aportación o no de material de idénticas características (previo análisis de la composición).

Para realizar estas operaciones descritas en horno se debe contar con un especialista y el que tiene mayor experiencia, como lo demuestra su extenso currículum, es Lachenmeyer. La intervención no puede realizarse *in situ* por los riesgos de incendio a los que estaría expuesto el campanario, por lo que la mejor opción es que la campana se desplace al taller de Lachenmeyer en Nördlingen.

El desplazamiento de la campana obliga al desmontaje de una parte de la plementería de la bóveda de la parte superior del campanario para que pueda ser izada con una grúa para posteriormente embalar, cargar y transportarla hacia Alemania (ver punto específico donde se detalla el desmontaje, transporte y recolocación). La plementería, según se detalla en el dossier específico, se recoloca al final respetando la posición inicial de las piezas de sillería, sin pérdida del valor de autenticidad.

El equipo multidisciplinar, el contratista y los diferentes agentes involucrados en la restauración de las campanas coinciden en que el tratamiento a realizar en los bronce para recuperar el sonido original del conjunto de campanas de la Seu pasa por su tratamiento con el método de Lachenmeyer, con objeto de resolver las patologías estructurales. Si para ello es preciso desmontar la parte de bóveda prevista, se considera que es más importante recuperar el sonido de n'Eloi que la carga de trabajo que supone el desmontaje y que éste no supone riesgo alguno para el edificio que no verá en ningún momento comprometida su seguridad ni autenticidad.

La intervención prevista en el badajo.

El badajo es otro elemento que modifica el timbre, ya que según el metal que sea, tiende a reforzar unos u otros armónicos, con resultados bien distintos. El badajo es de hierro dulce, pasado por la fragua y dejado enfriar lentamente para que no se acere y gane en dureza y por tanto en peligrosidad. Incluso, hace un par de siglos, los badajos de las campanas gordas, que seguramente tocaban menos que ahora, eran llevados cada dos o tres años al herrero, aunque estuviesen bien en apariencia, para reducir la resistencia del metal, endurecido a base de los repetidos golpes sobre la campana.

Los badajos estaban también aislados acústicamente de las campanas, mediante complicados atados, con cuerdas, con cuero o incluso intercalando pedazos de madera, de modo que el sonido de unos y otras no se interfiriese.

Por lo expresado anteriormente es preceptiva la sustitución de la badajera en material compatible, realizándola en acero inoxidable W.NR.1.4401. La intervención prevé la instalación de

un nuevo badajo fabricado en hierro F1 pintado de color negro, con asa de sujeción, correa de cuero y cable de seguridad.

La intervención prevista en el yugo.

Como hemos apuntado anteriormente el fin primordial del proyecto en cuanto a las campanas es devolverle su sonido, y para ello hay que recuperar todas las partes originales. Es por ello que se sustituirá el yugo metálico actual instalado en un pasado reciente, recolocando el de madera que hasta ahora permanecía en el campanario en la “sala de los yugos”.

El criterio marcado para la conservación de estos elementos es el de mínima intervención. Se conservarán todas las partes posibles con sus respectivos acabados y recubrimientos para conservar al máximo su autenticidad, sin perder de vista por ello que a la vez que elementos de valor patrimonial se trata de elementos funcionales que están sujetos al fin último de contribuir a la recuperación del sonido de las campanas y que deben reunir los requisitos de funcionalidad y seguridad preceptivos.

Para la restauración de estos elementos se propone seguir los siguientes puntos:
Limpieza de la suciedad superficial mediante aspirador y brocha para poder ver si tienen o no recubrimientos.

Limpieza de depósitos de polvo adheridos con soluciones de agua desionizada-alcohol etílico (50%) previa comprobación de solubilidad (se trata de una pintura-esmalte al aceite). Lo mismo para las inscripciones que presenta.

De forma física se retirarán las concreciones de grasa presentes realizando un tratamiento posterior con tensoactivos en la parte de los ejes que ha ido acumulando una mezcla de polvo y grasa.

Tratamiento de desinsectación mediante inyección de insecticida-fungicida a base de permetrina (0,7%) y propiconazol (1,2%) agujero por agujero.

Desmontaje de los elementos metálicos para su tratamiento.

Limpieza de los elementos metálicos. Limpieza de los depósitos de óxido mediante cepillado superficial con cepillos de fibra de vidrio. Eliminación de recubrimientos modernos (restos de minio) con disolventes aromáticos y de forma física con escalpelo así como restos de grasa con soluciones de agua hidrocarburos alifáticos y tensoactivos.

Tratamiento pasivador de los elementos metálicos mediante aplicación de una solución de ácido tánico y posterior retirada de depósitos sobrantes con humectación de hisopos con agua desionizada.

Tratamiento protector de los elementos de hierro mediante aplicación de resina acrílica (Paraloid B-44) en disolvente aromático al 5%.

Reparación funcional de los elementos metálicos seccionados. El carácter funcional de estos elementos obliga a su exhaustiva revisión. Los elementos seccionados se recuperarán mediante soldadura si ésta garantiza la seguridad de la campana. Por ello se realizarán trabajos de rebaje de la parte seccionada original con injertos del mismo material consiguiendo soldaduras lineales que trabajen correctamente a tracción para asegurar su funcionalidad. De forma puntual y justificada se podrá realizar una réplica (como estaba previsto en el proyecto inicial) de alguno de los herrajes si la opción anterior no se considerara segura. En la inspección realizada hasta la fecha parece que la totalidad de los herrajes podrán ser recuperados. Para verificar que esto es así se realizarán pruebas de soldadura con las comprobaciones y verificaciones oportunas.

Realización de injertos con madera de las mismas características y con resina epoxídica específica para madera para la recuperación de las pérdidas más importantes que incidan en su funcionalidad (esta intervención puede considerarse como anecdótica).

Tratamiento protector de la madera y revestimiento mediante aplicación de resina acrílica (Paraloid B-72) en disolvente aromático en una aplicación al 5%.

Posteriormente se procederá al montaje del yugo a la campana para su posterior izado y recolocación en el campanario.

La mecanización parcial de la campana:

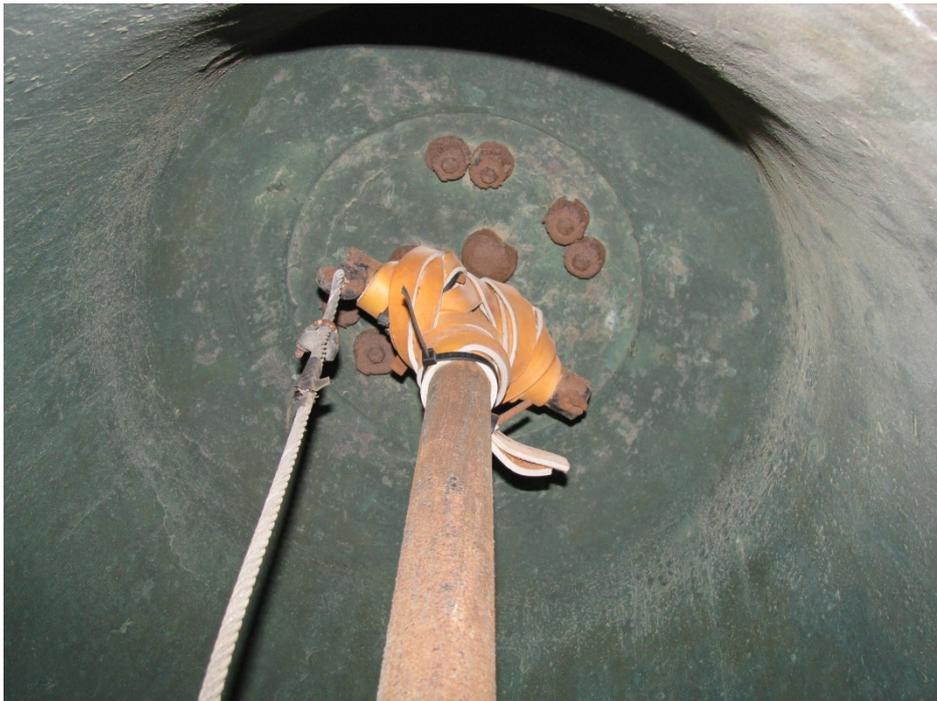
La gran campana de la Seu tradicionalmente se ha tocado de forma manual. Este sistema será siempre prioritario. En su caso, la motorización a prever será auxiliar y no prevista para balanceo, consistiendo simplemente en un recurso mecánico para tirar de la soga que sujeta el badajo, el cual se desconectará durante los días en que desde siempre se balancea manualmente, siguiendo los toques litúrgicos habituales. La instalación permitirá la desconexión del sistema para tocar manualmente las campanas en momentos específicos, de acuerdo con la prescripción octava de la CIPH.

Para restauración de la campana están previstas las siguientes intervenciones:

- Adaptación de los ejes de hierro cuadrado, para el acoplamiento del yugo de madera a los rodamientos para el soporte y bandeo de la campana.
- Montaje del yugo de madera sobre la campana.
- Colocación de refuerzos en las vigas de madera para el soporte de los rodamientos de las campanas.

1.3.2. N'Antònia

Fundició año	1642
Diámetro	129 cm
Peso aproximado	1242 Kg



N'Antònia

Descripción del objeto:

El bronce:

Materia: El vaso está realizado en fundición de bronce.

Dimensiones: El diámetro de la campana es de 1290 mm y su altura es de 1100 mm.

Peso: Peso estimado 1.242 kg.

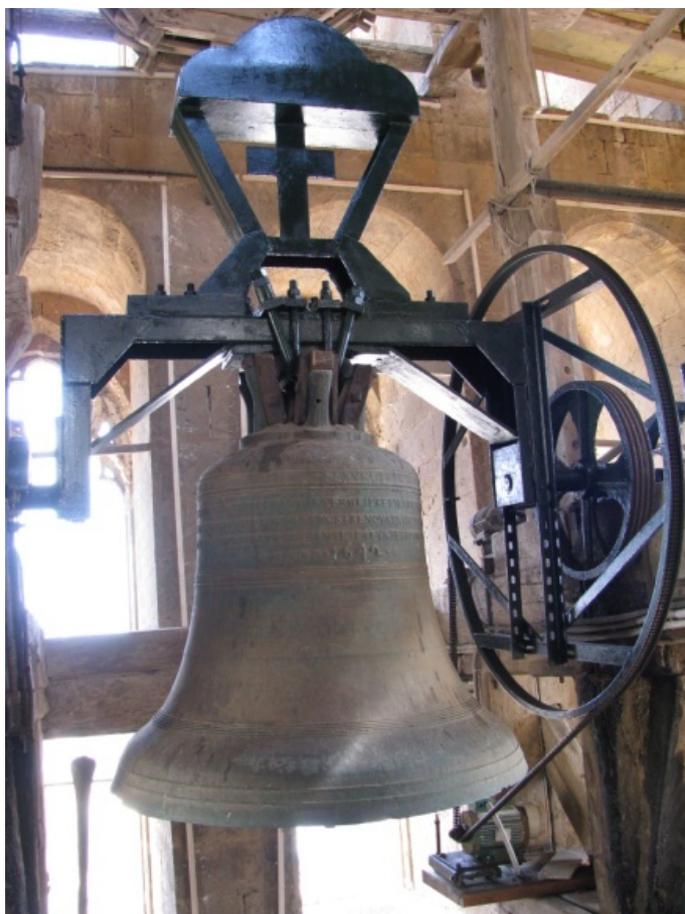
Fundidor: GENER, Rafel i Cosme.

Inscripciones: Ver calco de las epigrafías.

Se trata de la tercera campana mayor del campanario sigue siendo como n'Eloi más ancha que el hueco de los ventanales.

Como parte de la documentación de la campana se aportan fotografías adicionales generales y de detalle así como el calco de las epigrafías que presenta.

En la actualidad presenta un yugo metálico instalado a mediados del siglo XX que será sustituido por otro, de madera, más antiguo. el yugo metálico incide negativamente en la sonoridad de la campana.



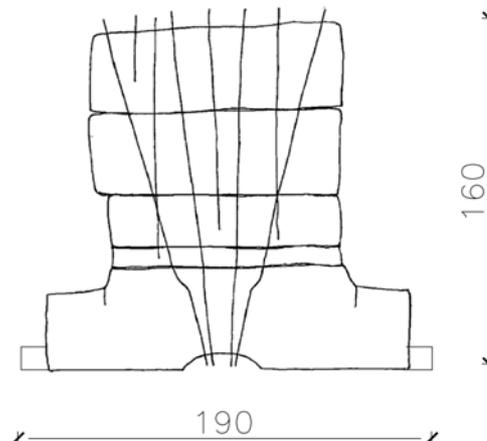
El badajo:

Presenta un badajo de hierro dulce fijado a la campana con tornillos y pletinas modernas.

El yugo:

Materia: El yugo está constituido por madera de encina muy bien escuadrada pero sin salir de la forma muy simple. Cuenta con herrajes metálicos que sirven para sujetar la campana al yugo. Una de las sujeciones atraviesa en sentido longitudinal el yugo mientras que dos pares más por cara lo hacen exteriormente pasando a través de unas fijaciones metálicas clavadas a la madera. Aparte cuenta con cuatro fijaciones adicionales.

Dimensiones: Está formado por seis piezas de madera que conforman un bloque de las siguientes dimensiones: ancho superior 116 cms, ancho inferior (con eje) 190 cms, alto 160 cms y 27 de grosor cms.



Revestimientos: La melena no presenta revestimiento (pintura) de ningún tipo.

Decoraciones-inscripciones: Presenta una inscripción en la primera viga (empezando por abajo), pintada en color negro, en mayúsculas y en una tipografía de aire modernista sobre el revestimiento de color gris que reza "CAMPANA ANTONIA".

Estado de conservación del objeto:

El bronce:

Alteraciones detectadas en el examen organoléptico realizado:

-Depósitos superficiales y adheridos: La campana presenta depósitos de polvo adherido que cubren prácticamente la totalidad de la parte exterior de la campana.

Estos depósitos de suciedad superficial impiden poder realizar un examen más exhaustivo acerca del estado de las campanas a nivel epitelial. En una primera observación se detectan restos de pintura, imprimación y grasas en forma de salpicaduras, principalmente fruto del mantenimiento de los yugos. En una observación más concienzuda vemos como en algunos puntos estos depósitos han saltado, dejando ver zonas donde el bronce está exfoliado con pérdidas de material, observándose lagunas de diferente consideración. También podemos notar a través de estos puntos libres de depósitos superficiales o en zonas más protegidas como el metal, en contacto con los agentes atmosféricos, ha ido transformándose. Se observa el color del propio metal de color marrón en la parte protegida por el yugo, zonas de óxido con la típica coloración de "rojo

inglés" y diferentes verdes azulados propios de la transformación de óxidos en sales a través del contacto con la contaminación atmosférica y el spray marino. A través de las analíticas, cuyos resultados se adjuntan en documentación aparte, podemos conocer la naturaleza de estas sales, así como deducir de forma más precisa cómo se han formado, e incluso sus espesores, para tener un mayor control de cara a las intervenciones de limpieza.

-Pérdidas de volumen: Encontramos importantes pérdidas en dos bordes de la campana o labio. Erosión en el lado A 20 cm de largo por 4 cm de profundidad. Erosión en el lado B 10 cm de largo por 3 cm de profundidad. Esta alteración es la más frecuente en el conjunto de campanas. Se localiza en los puntos de golpe del badajo que siendo demasiado duro y no estando bien equilibrado ha ido produciendo una notable erosión que se traduce en una pérdida de la calidad del sonido. La pérdida supera el 10% del volumen del borde, que es de 13 cms. Este es el umbral que se considera que no se debe sobrepasar para considerar que existe una modificación sustancial del sonido. El resto de campanas que presentan este grado de alteración van a ser tratadas en caliente con el método Lachenmeyer.

Lado A



Lado B



-Adición de elementos impropios: N'Antònia presenta en la parte superior, en las anillas, la adición de unas correas de hierro para sujetar las asas en una reparación que se realizó en el pasado. Esta intervención es del todo inadecuada y denota que las asas se encontraban en muy mal estado por defectos de fabricación o por el uso. La superposición de estas correas añadidas no asegura su correcta conservación, sino que, al ser pasantes, y al atravesar la parte superior del vaso afectan a la campana así como también las sujeciones de acero colocadas para sujetar el badajo de acero a la parte superior del bronce. Se trata de una serie de tornillos pasantes que sujetan una pletina que a su vez sujeta el badajo. La perforación de la campana en esta zona influye en la distorsión de la tonalidad de la campana pero principalmente puede afectar a su estructura. De todos es sabido que el acero se oxida y que con esta oxidación se produce un aumento de volumen del material. Los tornillos de acero producen una tensión en la parte más delicada de la campana, donde se sitúan las asas que la sujetan al yugo. La acción como cuña de estos tornillos puede haber producido fisuras internas en el bronce. Hay que recordar que la campana se usa en ocasiones muy especiales y básicamente se la ha hecho repicar. Para que recupere el sonido original se le instalará su yugo de madera y (con sus nuevos ejes) se

reproducirán los movimientos de bandeo originales para conseguir recuperar su sonido. El movimiento de bandeo produce una enorme tensión por la fuerza centrífuga a la que se ve sometida la campana. Las posibles microfisuras existentes podrían, con esa tensión, aumentar y comprometer la seguridad de la campana con unas consecuencias impredecibles. Es imprescindible sustituir la forma de sujeción del badajo, con una anilla de material inoxidable usando el único agujero original, tapar los agujeros existentes y verificar que no existan fisuras o microfisuras en esta zona. Esta campana tiene un riesgo muy elevado de romperse y caer, está muy insegura.



El badajo:

Como hemos apuntado la sujeción del badajo a la campana no ofrece las garantías necesarias para su seguridad. Al mismo tiempo no está colocado con la precisión debida, lo que ha producido el desgaste localizado del bronce. Los badajos son elementos funcionales que se han ido sustituyendo a lo largo de los años, cuando su desgaste heterogéneo incidía negativamente en el sonido y en la conservación de la campana y cuando simplemente por el uso se aceraban tornándose más rígidos.



El yugo:

Alteraciones superficiales detectadas en el examen organoléptico realizado:

-Depósitos superficiales y adheridos: Las diferentes partes que conforman el yugo presentan depósitos de polvo adherido que cubre la totalidad de la parte exterior de la campana. Los gran cantidad de suciedad superficial es debida a que se han colocado en su ubicación actual



sin ningún tipo de protección ni mantenimiento. De forma localizada encontramos importantes depósitos de restos de grasa y polvo apelmazado en la parte que corresponde a los ejes, fruto del engrasado paulatino de los ejes. De entre los diferentes depósitos presentes hay que mencionar algunos restos poco importantes de pintura negra usada en el repintado de los herrajes e incluso de minio. Cabe mencionar que seguramente los yugos en uso fueron objeto de un mantenimiento continuo en el que no se tuvo mucho cuidado en el elemento como objeto patrimonial. Cuando alguna parte estaba en mal estado se sustituía, y cuando había que darles una mano de pintura, se daba, sin mucho cuidado ni discriminación por lo que se desprende de los goteos y salpicaduras.

La oxidación de los herrajes ha producido también tinción sobre la superficie.



Alteraciones existentes en el soporte del yugo detectadas en el examen organoléptico realizado:

La madera que constituye la estructura del yugo se encuentra en un estado de conservación aceptable. La principal alteración que presenta es el ataque biológico y se puede considerar como moderado. Se observan orificios de insectos xilófagos principalmente en las caras interiores. Se detectan dos tipos de orificios: de *Hylotrupes bajulus* y de *Anobium punctatum*. Los orificios y galerías de mayor tamaño que se observan son de entorno a los +8mm por lo que se trata de un ataque de *Hylotrupes bajulus*. El otro ataque, de menor intensidad y más moderado, por los tamaños de los orificios de salida, de entorno a los 2mm es de *Anobium punctatum* (carcoma común) pertenece al orden de los coleópteros (escarabajos), el más numeroso de la clase de los insectos, y dentro de este a la familia de los Anóbidos (para una explicación más extensa ver la descripción del apartado de n'Eloi).

La acción continuada de la carcoma en la madera altera sus propiedades físicas. La gran cantidad de galerías que pueden llegar a excavar debilita la madera de tal manera que es fácil que sea extremadamente frágil o, en casos extremos, llegue a desaparecer. Aunque en el caso que nos ocupa el ataque como hemos dicho es moderado.

Por el color del serrín que se halla en el interior de las galerías no parece que los ataques sean recientes. Al ser el soporte de madera de encina, y por tanto, de una gran dureza, el ataque biológico no ha alterado significativamente la consistencia de los elementos de una forma generalizada.

En zonas puntuales cercanas a las aristas existen algunas zonas debilitadas por los ataques de los insectos xilófagos y esto unido a efectos de origen antrópico (en el traslado de los yugos cuando se sustituyeron por los metálicos) ha desembocado en pérdidas de volumen pero siempre poco significativas o por el propio uso.

De forma puntual encontramos fendas de secado que por su disposición y características no representan un problema para la estructura de ninguna de las piezas que conforman el yugo.



Alteraciones existentes en los herrajes detectadas en el examen organoléptico realizado:

Las piezas metálicas que forman parte del yugo uniendo las piezas de madera presentan una oxidación superficial moderada. En ningún caso se aprecia exfoliación por lo que la oxidación no representa una alteración significativa. En los herrajes se observan a nivel superficial y de

forma residual restos de pintura (de color negro), de minio de plomo (de color naranja) e incluso de color gris, color con el que se fueron pintando la mayoría de los yugos.

La alteración más significativa que presentan algunos de los herrajes es que están seccionados. Todo apunta que en el momento de sustituir los yugos de madera por los metálicos se cortaron algunos de ellos por la altura de la rosca para facilitar su desmontaje (seguramente el óxido dificultó que las tuercas salieran y se optó por cortarlas con seguetas).

La mayoría de los herrajes se conservan (con cortes algunos y enteros otros). Faltan algunas de las sujeciones metálicas que unían los herrajes a los bloques de madera.

Criterios de intervención (en taller de restauración)

La intervención prevista en el bronce (esta campana se debe trasladar al taller).

-Limpieza de depósitos: En esta campana no están previstas *a priori* actuaciones de limpieza de depósitos superficiales. Esto es porque se pretende realizar la intervención de conservación en horno, lo que implica la práctica desaparición de los mismos al alcanzar su máxima temperatura.

-Recuperación de volúmenes: La recuperación de los volúmenes perdidos es primordial para la recuperación del sonido de la campana y para recuperar la estabilidad y garantizar la seguridad de la campana. Las intervenciones que hay que realizar en los bronce para recuperar volúmenes perdidos y tratar las grietas existentes (visibles o no en un primer examen) se llevan a cabo en el interior de un horno mediante soldadura autógena con la aportación o no de material (bronce de las mismas características). Es lo que viene a llamarse el método Lachenmeyer. Una vez eliminadas las fijaciones de acero añadidas, se introduce el bronce en el horno que se va calentando lentamente y de forma uniforme hasta alcanzar una temperatura de cerca de 400°C. La duración de este proceso depende de la aleación, del tamaño y el grosor de la campana. A partir de ese momento es cuando se pueden realizar las tareas de recuperación de volúmenes perdidos y cuando se pueden detectar grietas antes imperceptibles así como las ya evidentes. En la campana que ahora nos ocupa se tiene que realizar también una copia de los volúmenes perdidos en las asas de la campana para recuperar la parte faltante de las mismas asegurando la conservación del bronce y su funcionalidad. En el horno el lento proceso de calentado paulatino produce también un efecto de recocido en la campana haciéndole recuperar la cohesión al material y por tanto su resonancia y sonoridad. Esta operación no se puede llevar a cabo con garantías fuera del horno y requiere un control exhaustivo de la temperatura durante todo el proceso. Con este sistema se recuperarán los volúmenes perdidos por desgaste, rotura, agujeros y fisuras, con soldadura autógena con aportación o no de material de idénticas características (previo análisis de la composición).

Para realizar estas operaciones descritas en horno se debe contar con un especialista y el que tiene mayor experiencia, y lo prescribe el proyecto, es Lachenmeyer. La intervención no

puede realizarse *in situ* por los riesgos de incendio a los que estaría expuesto el campanario, por lo que la mejor opción es que la campana se desplace al taller de Lachenmeyer en Nördlingen.

El desplazamiento de la campana presenta un problema añadido. No cabe por los huecos existentes lo que obliga al desmontaje de una parte de la plementería de la bóveda de la parte superior del campanario para que pueda ser izada con una grúa para posteriormente embalar, cargar y transportarla hacia Alemania (ver punto específico donde se detalla el desmontaje, transporte y recolocación).

El equipo multidisciplinar, el contratista y los diferentes agentes involucrados en la restauración de las campanas coinciden en que el tratamiento a realizar en los bronce para recuperar el sonido original del conjunto de campanas de la Seu pasa por su tratamiento con el método de Lachenmeyer.

La intervención prevista en el badajo.

El badajo es otro elemento que modifica el timbre, ya que según el metal que sea, tiende a reforzar unos u otros armónicos, con resultados bien distintos. El badajo es de hierro dulce, pasado por la fragua y dejado enfriar lentamente para que no se acere y gane en dureza y por tanto en peligrosidad. Incluso, hace un par de siglos, los badajos de las campanas gordas, que seguramente tocaban menos que ahora, eran llevados cada dos o tres años al herrero, aunque estuviesen bien en apariencia, para reducir la resistencia del metal, endurecido a base de los repetidos golpes sobre la campana.

Los badajos estaban también aislados acústicamente de las campanas, mediante complicados atados, con cuerdas, con cuero o incluso intercalando pedazos de madera, de modo que el sonido de unos y otras no se interfiriese.

Por lo expresado anteriormente es preceptiva la sustitución de la badajera en material compatible, realizándola en acero inoxidable W.NR.1.4401. La intervención prevé la instalación de un nuevo badajo fabricado en hierro F1 pintado de color negro, con asa de sujeción, correa de cuero y cable de seguridad.

La intervención prevista en el yugo.

Como hemos apuntado anteriormente el fin primordial del proyecto en cuanto a las campanas es devolverle su sonido, y para ello hay que recuperar todas las partes originales. Es por ello que se sustituirá el yugo metálico actual instalado en un pasado reciente, recolocando el de madera que hasta ahora permanecía en el campanario en la "sala de los yugos".

El criterio marcado para la conservación de estos elementos es el de mínima intervención. Se conservarán todas las partes posibles con sus respectivos acabados y recubrimientos para conservar al máximo su autenticidad, sin perder de vista por ello que a la vez que elementos de

valor patrimonial se trata de elementos funcionales que están sujetos al fin último de contribuir a la recuperación del sonido de las campanas y que deben reunir los requisitos de funcionalidad y seguridad preceptivos.

Para la restauración de estos elementos se propone seguir los siguientes puntos:

1. Limpieza de la suciedad superficial mediante aspirador y brocha para poder comprobar si existen restos de recubrimientos.
2. Limpieza de depósitos de polvo adheridos con soluciones de agua desionizada-alcohol etílico (50%). Para las inscripciones comprobación previa de solubilidad (se trata de una pintura-esmalte al aceite).
3. De forma física se retirarán las concreciones de grasa presentes realizando un tratamiento posterior con tensoactivos en la parte de los ejes que ha ido acumulando una mezcla de polvo y grasa.
4. Tratamiento de desinsectación mediante inyección de insecticida-fungicida a base de permetrina (0,7%) y propiconazol (1,2%) agujero por agujero.
5. Desmontaje de los elementos metálicos para su tratamiento.
6. Limpieza de los elementos metálicos. Limpieza de los depósitos de óxido mediante cepillado superficial con cepillos de fibra de vidrio. Eliminación de recubrimientos modernos (restos de minio) con disolventes aromáticos y de forma física con escalpelo así como restos de grasa con soluciones de agua hidrocarburos alifáticos y tensoactivos.
7. Tratamiento pasivador de los elementos metálicos mediante aplicación de una solución de ácido tánico y posterior retirada de depósitos sobrantes con humectación de hisopos con agua desionizada.
8. Tratamiento protector de los elementos de hierro mediante aplicación de resina acrílica (Paraloid B-44) en disolvente aromático al 5%.
9. Reparación funcional de los elementos metálicos seccionados. El carácter funcional de estos elementos obliga a su exhaustiva revisión. Los elementos seccionados se recuperarán mediante soldadura si ésta garantiza la seguridad de la campana. Por ello se realizarán trabajos de rebaje de la parte seccionada original con injertos del mismo material consiguiendo soldaduras lineales que trabajen correctamente a tracción para asegurar su funcionalidad. De forma puntual y justificada se podrá realizar una réplica (como estaba previsto en el proyecto inicial) de alguno de los herrajes si la opción anterior no se considerara segura. En la inspección realizada hasta la fecha parece que la totalidad de los herrajes podrán ser recuperados. Para verificar que esto es así se realizarán pruebas de soldadura con las comprobaciones y verificaciones oportunas.

10. Realización de injertos con madera de las mismas características y con resina epoxídica específica para madera para la recuperación de las pérdidas más importantes que incidan en su funcionalidad (esta intervención puede considerarse como anecdótica).

11. Tratamiento protector de la madera y revestimiento mediante aplicación de resina acrílica (Paraloid B-72) en disolvente aromático en una aplicación al 5%.

12. Posteriormente se procederá al montaje del yugo a la campana para su posterior izado y recolocación en el campanario.

La mecanización de la campana:

Se instalará el sistema de bandeo/volteo electrónico 'CAMPA MOVOTRON', que imita el bandear/voltear manual por medio de un sistema de regulación y feedback muy preciso, que manda los motores eléctricos.

El sistema consiste en una forma de automatización 'suave', que no daña a las campanas y que garantiza el bandear/voltear con calidad. La instalación se complementará con la capacitación de instaladores locales para posibilitar el servicio y mantenimiento local.

La instalación permitirá la desconexión del sistema para tocar manualmente las campanas en momentos específicos, de acuerdo con la prescripción octava de la CIPH.

Para la automatización de las campanas están previstas las siguientes intervenciones:

-Adaptación de los ejes de hierro cuadrado, para el acoplamiento del yugo de madera a los rodamientos para el soporte y bandeo de la campana.

-Montaje del yugo de madera sobre la campana.

-Colocación de refuerzos en las vigas de madera para el soporte de los rodamientos de las campanas.

-Instalación de Rueda metálica circular para el uso del balanceo mediante el motor eléctrico.

-Equilibrio de la campana en vertical.

-Instalación de un motor eléctrico, controlado electrónicamente el bandeo y boca arriba de la campana ajustado a su peso.

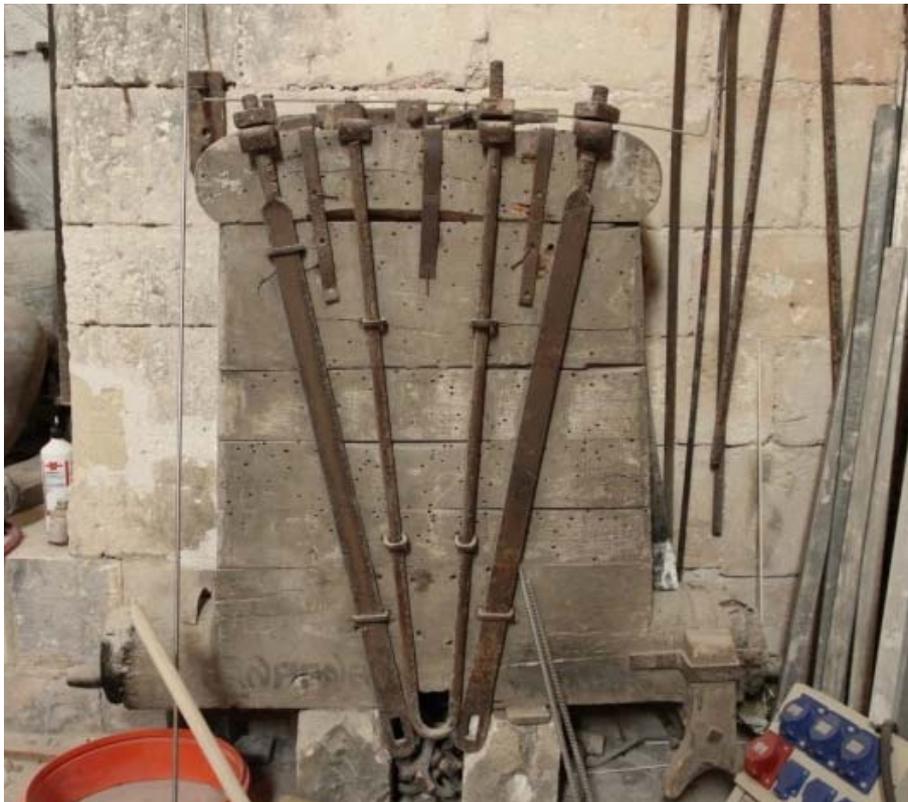
-Instalación de un electro martillo metálico para el repique de la campana.

1.3.3. Na Matines

Fundició any c.1310

Diàmetre 93 cm

Peso aproximat 470 Kg



Na Matines

Descripción del objeto:

El bronce:

Materia: El vaso está realizado en fundición de bronce.

Dimensiones: El diámetro de la campana es de 930 mm y su altura es de 850 mm.

Peso: Peso estimado 466 kg.

Inscripciones: Ver calco de las epigrafías.

Se trata de una de las campanas más antiguas del campanario (principios del s.XIV). Como parte de la documentación de la campana se aportan fotografías adicionales generales y de detalle así como el calco de las epigrafías que presenta.

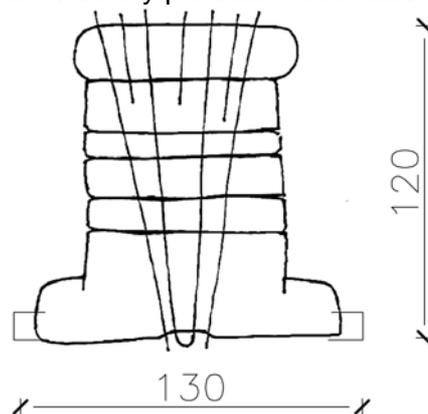
En la actualidad presenta un yugo metálico instalado a mediados del siglo XX que será sustituido por otro, de madera, más antiguo. el yugo metálico incide negativamente en la sonoridad de la campana.

El badajo:

Presenta un badajo de hierro dulce fijado a la campana con tornillos y pletinas modernas.

El yugo:

Materia: El yugo está constituido por madera de encina muy bien escuadrada pero sin salir de la forma muy simple. Cuenta con herrajes metálicos que sirven para sujetar la campana al yugo. Una de las sujeciones atraviesa



en sentido longitudinal el yugo mientras que dos pares más por cara lo hacen exteriormente pasando a través de unas fijaciones metálicas clavadas a la madera. Aparte cuenta con tres pletinas adicionales en la parte superior.

Dimensiones: Está formado por seis piezas de madera que conforman un bloque de las siguientes dimensiones: ancho superior 90 cms, ancho inferior (con eje) 130 cms, alto 120 cms y 20 de grosor cms.

Revestimientos: La melena presenta un revestimiento (pintura) de color gris claro.

Decoraciones-inscripciones: Presenta una inscripción en la primera viga (empezando por abajo), pintada en color negro, en mayúsculas y en una tipografía de aire modernista sobre el revestimiento de color gris que reza "CAMPANA MATINES".



Estado de conservación del objeto:

El bronce:

Alteraciones detectadas en el examen organoléptico realizado:

-Depósitos superficiales y adheridos: La campana presenta depósitos de polvo adherido que cubren prácticamente la totalidad de la parte exterior de la campana.

Estos depósitos de suciedad superficial impiden poder realizar un examen más exhaustivo acerca del estado de las campanas a nivel epitelial. En una primera observación se detectan restos de pintura, imprimación y grasas en forma de salpicaduras, principalmente fruto del mantenimiento de los yugos. En una observación más concienzuda vemos como en algunos puntos estos depósitos han saltado, dejando ver zonas donde el bronce está exfoliado con pérdidas de material, observándose lagunas de diferente consideración. También podemos notar a través de estos puntos libres de depósitos superficiales o en zonas más protegidas como el metal, en contacto con los agentes atmosféricos, ha ido transformándose. Se observa el color del propio metal de color marrón en la parte protegida por el yugo, zonas de óxido con la típica coloración de "rojo inglés" y diferentes verdes azulados propios de la transformación de óxidos en sales a través del contacto con la contaminación atmosférica y el spray



marino. A través de las analíticas, cuyos resultados se adjuntan en documentación aparte, podemos conocer la naturaleza de estas sales, así como deducir de forma más precisa cómo se han formado, e incluso sus espesores, para tener un mayor control de cara a las intervenciones de limpieza.

-Pérdidas de volumen: Encontramos importantes pérdidas en dos bordes de la campana o labio. Erosión en el lado A 20 cm de largo por 3 cm de profundidad. Erosión en el lado B 10 cm de largo por 2 cm de profundidad. Esta alteración es la más frecuente en el conjunto de campanas. Se localiza en los puntos de golpe del badajo que siendo demasiado duro y no estando bien equilibrado ha ido produciendo una notable erosión que se traduce en una pérdida de la calidad del sonido. La pérdida

supera el 10% del volumen del borde, que es de 9 cms. Este es el umbral que se considera que no se debe sobrepasar para considerar que existe una



modificación sustancial del sonido. Se aprecian también pérdidas de volumen en la parte superior de las asas, al ajustar las campanas a los yugos metálicos. Esta pérdida de masa puede afectar a la seguridad de la campana.

-Adición de elementos impropios: Na Matines presenta anclajes de acero colocadas para sujetar el badajo de acero a la parte superior del bronce. Se trata de una serie de tornillos pasantes que sujetan una pletina que a su vez sustenta el badajo. La perforación de la campana en esta zona influye en la distorsión de la tonalidad de la campana pero principalmente puede afectar a su estructura. De todos es sabido que el acero se oxida y que con esta oxidación se produce un aumento de volumen del material. Los tornillos de acero producen una tensión en la parte más delicada de la campana, donde se sitúan las asas que la sujetan al yugo. La acción como cuña de estos tornillos puede haber producido fisuras internas en el bronce. Para que recupere el sonido original se le instalará su yugo de madera y (con sus nuevos ejes) se reproducirán los movimientos de bandeado originales para conseguir recuperar su sonido. El movimiento de bandeado produce una enorme tensión por la fuerza centrífuga a la que se ve sometida la campana. Las posibles microfisuras existentes podrían, con esa tensión, aumentar y comprometer la seguridad de la campana con unas consecuencias impredecibles. Es imprescindible sustituir la forma de sujeción del badajo, con una anilla de material inoxidable usando el único agujero original, tapar los agujeros existentes y verificar que no existan fisuras o microfisuras en esta zona. Esta campana tiene un riesgo muy elevado de romperse y caer, está muy insegura.

El badajo: Anilla del badajo oxidada.

Como hemos apuntado la sujeción del badajo a la campana no ofrece las garantías necesarias para su seguridad. Al mismo tiempo no está colocado con la precisión debida, lo que ha producido el desgaste localizado del bronce. Los badajos son elementos funcionales que se han ido sustituyendo a lo largo de los años, cuando



su desgaste heterogéneo incidía negativamente en el sonido y en la conservación de la campana y cuando simplemente por el uso se aceraban tornándose más rígidos.

El yugo:

Alteraciones superficiales detectadas en el examen organoléptico realizado:

-Depósitos superficiales y adheridos: Las diferentes partes que conforman el yugo presentan depósitos de polvo adherido que cubre la totalidad de la parte exterior de la campana. Los gran cantidad de suciedad superficial es debida a que se han colocado en su ubicación actual sin ningún tipo de protección ni mantenimiento. De forma localizada encontramos importantes depósitos de restos de grasa y polvo apelmazado en la parte que corresponde a los ejes, fruto del engrasado paulatino de los ejes. La oxidación de los herrajes ha producido también tinción sobre la superficie.



Alteraciones existentes en el soporte del yugo detectadas en el examen organoléptico realizado:

La madera que constituye la estructura del yugo se encuentra en un estado de conservación aceptable. La principal alteración que presenta es el ataque



biològic y se puede considerar como moderado. Se observan orificios de insectos xilófagos principalmente en las caras interiores. Se detectan dos tipos de orificios: de *Hylotrupes bajulus* y de *Anobium punctatum*. Los orificios y galerías de mayor tamaño que se observan son de entorno a los +-8mm por lo que se trata de un ataque de *Hylotrupes bajulus*. El otro ataque, de menor intensidad y más moderado, por los tamaños de los orificios de salida, de entorno a los 2mm es de *Anobium punctatum* (carcoma común) pertenece al orden de los coleópteros (escarabajos), el más numeroso de la clase de los insectos, y dentro de este a la familia de los Anóbidos (para una explicación más extensa ver la descripción del apartado de n'Eloi).

La acción continuada de la carcoma en la madera altera sus propiedades físicas. La gran cantidad de galerías que pueden llegar a excavar debilita la madera de tal manera que es fácil que sea extremadamente frágil o, en casos extremos, llegue a desaparecer.

Aunque en el caso que nos ocupa el ataque como hemos dicho es moderado.

Por el color del serrín que se halla en el interior de las galerías no parece que los ataques sean recientes. Al ser el soporte de madera de encina, y por tanto, de una gran dureza, el ataque biológico no ha alterado significativamente la consistencia de los elementos de una forma generalizada.

En zonas puntuales cercanas a las aristas existen algunas zonas debilitadas por los ataques de los insectos xilófagos y esto unido a efectos de origen antrópico (en el traslado de los yugos cuando se sustituyeron por los metálicos) ha desembocado en pérdidas de volumen pero siempre poco significativas.

De forma puntual encontramos fendas de secado que por su disposición y características no representan un problema para la estructura de ninguna de las piezas que conforman el yugo.

Alteraciones existentes en los herrajes detectadas en el examen organoléptico realizado:

Las piezas metálicas que forman parte del yugo uniendo las piezas de madera presentan una oxidación superficial moderada. En ningún caso se aprecia exfoliación por lo que la oxidación no representa una alteración significativa. En los herrajes se observan a



nivel superficial y de forma residual restos de pintura de color gris, color con el que se fueron pintando la mayoría de los yugos.

La alteración más significativa que presentan algunos de los herrajes es que están seccionados. Todo apunta que en el momento de sustituir los yugos de madera por los metálicos se cortaron algunos de ellos por la altura de la rosca para facilitar su desmontaje (seguramente el óxido dificultó que las tuercas salieran y se optó por cortarlas con seguetas).

La mayoría de los herrajes se conservan (con cortes algunos y enteros otros). Faltan algunas de las sujeciones metálicas que unían los herrajes a los bloques de madera.



La intervención sobre el bronce de la campana *in situ* (propuesta de limpieza y estabilización):

El estado de conservación de esta campana hace necesario que se lleve a cabo una intervención más profunda sobre el bronce que la prevista inicialmente (con el criterio de mínima intervención) a tenor de las alteraciones detectadas y a la necesidad de su estabilización para asegurar su correcta conservación.

La propuesta prioriza en este caso la conservación material del objeto frente a la recuperación del sonido del mismo (por los riesgos a los que se verían expuestas las epigrafías en las zonas que presentan alteración). Los ejes en los que se articula la intervención son: limpieza, estabilización y protección. Se descartan en este momento reposiciones de volumen.

Esquema de tratamiento del bronce que se propone:

1. Registro fotográfico y videográfico previo y de todos los procesos.
2. Estudio y caracterización de materiales constitutivos y productos de corrosión (ver el estudio de los materiales anexo).
3. Estudio del estado de conservación y determinación de las causas de deterioro de las campanas.
4. Aplicación de las fases secuenciales de limpieza.
5. Aplicación de Inhibición – pasivación y protecciones anticorrosivas.
6. Aplicación de películas protectoras.

Desarrollo del esquema de tratamiento del bronce que se propone:

1. Registro fotográfico y videográfico previo y de todos los procesos.
Como primera precaución antes de cualquier manipulación se realizará una exhaustiva documentación grafica, videográfica, fotográfica de conjunto y de detalle. Este tipo de documentación, que el IPCE considera preceptiva, se completará con el escaneado de la campana para contar así con un registro tridimensional del objeto.
2. Estudio y caracterización de materiales constitutivos y productos de corrosión (ver el estudio de los materiales anexo). La realización de la extensa batería de análisis ha permitido caracterizar los depósitos y productos de alteración. La puntual extracción de muestras para determinar el estado de los sustratos metálicos, realizados por el Area de Investigación del IPCE, han resultado también fundamentales a la hora de determinar con precisión la metodología de trabajo.
Mayoritariamente la capa de corrosión está compuesta por capas de yeso con adherencias terrosas, entre las que aparecen diseminadas profundas picaduras de cloruros. Conservan núcleo de metal sano, en el que aparecen microfisuras producidas por procesos corrosivos de tipo bajo tensión, sobre el metal sano una densa capa de óxidos de cobre (cuprita) y sobre esta cloruros y carbonatos. Esta película tiene un grosor que oscila, según los puntos tomados en el muestreo, entre 2 y 5 mm.
En los laboratorios del IPCE se han sometido las muestras a un calentamiento de 750°. Se trata de una temperatura superior a la prevista en el proceso de restauración, de unos 400°. Se observa una fuerte contracción y se incrementa la separación de la capa de corrosión. Aparece una superficie del núcleo metálico mucho más rugosa, y proclive a la corrosión. Además las fases cristalinas del metal se transforman, modificándose características esenciales como la sonoridad.
La perdida de la capa de corrosión en las campanas góticas, sin duda repercutiría en el adelgazamiento de las inscripciones, tratándose de bajorrelieves. Pero un metal expuesto a una atmosfera urbana marina tan agresiva (sales en suspensión, deposiciones de partículas, aerosoles, gases contaminates y corrosivos) necesita de la aplicación de un tratamiento de estabilización y protección en las superficies, que garantice su estabilidad y minimice los procesos corrosivos que están en marcha en las campanas.
3. Estudio del estado de conservación y determinación de las causas de deterioro de las campanas⁴. Causas de deterioro: El elemento en cuestión es de bronce que tiene como

⁴ Criterios generales y metodología marcados por el Plan Nacional de Catedrales, apartados C y D

componente mayoritario el cobre (ver proporciones de su composición en los estudios de SGS). Las campanas se localizan en el campanario de la catedral, a escasos metros del mar y a diferentes atmosféricos. El metal expuesto a una atmosfera urbana marina tan agresiva (sales en suspensión, deposiciones de partículas, aerosoles, gases contaminates y corrosivos), después de la oxidación inicial propia del metal en contacto con el oxígeno, pasa a reaccionar con los agentes atmosféricos a los que está expuesto generando diferentes productos de corrosión en forma de picaduras que van creciendo hasta formar pequeñas áreas que tienden a desprenderse por exfoliación dejando como resultado lagunas de diferente consideración.

Las causas de deterioro, que afectan a todas las campanas en mayor o menor medida, son fruto de la reacción del material que las constituye con el medio en el que se encuentran. Desde un punto de vista global afirmamos que aunque la campana presenta alteraciones en un grosor de entre 2 y 5 mm su estado de conservación es bastante bueno, a tenor de los siete siglos de antigüedad del elemento y a las condiciones a las que ha sido expuesto durante todo este tiempo, aunque es importante minimizar los procesos de alteración para minimizar los procesos corrosivos que están en marcha y mejorar así sus condiciones de conservación.

4. Aplicación de las fases secuenciales de limpieza. Es necesario llevar a cabo una intervención de limpieza que sea capaz de eliminar los productos de corrosión que se encuentran en la superficie de la campana y que la están alterando sin dañar el soporte ni las pátinas no perjudiciales de la campana.

La composición y estado de conservación del sustrato metálico y la caracterización de los productos de corrosión con las películas de yeso, condicionan el sistema de limpieza a utilizar. Dadas las características del soporte y de los depósitos a eliminar consideramos que los mejores resultados se obtendrán con sistemas mecánicos en seco.

Primero se realizará una aspiración general con cepillado suave de la superficie, para eliminar el polvo y suciedad depositadas.

La limpieza se realizará de manera mecánica en seco, tratando de eliminar las capas más gruesas de los depósitos de yeso. En caso necesario se reblandecerán con apósitos de algodón hidrófilo impregnados en una disolución de agua destilada con alcohol etílico al 50%.

El proceso de limpieza en sí se realizará con microabrasímetro (no con chorro) con carga inerte (en principio microesferas de vidrio de tamaño impalpable) aplicadas con la presión e inclinación precisas para eliminar películas de adherencias terrosas. Pueden probarse

otras cargas abrasivas con diferentes durezas (pero siempre las más suaves), como las vegetales o las pásticas.

Si fuese necesario, se utilizarán micromotores con fresas de caucho y copas de cerdas naturales.

Se valorará la limpieza con láser en las zonas de las capas adheridas más gruesas. Láser de Nd-Yag (1064 nm) por fotoablación, aplicando la energía y frecuencia de radiación que se determinen en las pruebas previas como adecuadas. En caso necesario, se pulverizará previamente la zona a tratar con nebulización de agua destilada.

Tras ajustar los parámetros de limpieza con la realización de pruebas previas, y la elección del sistema más efectivo se empezará con la limpieza aplicando los tratamientos desde la parte más alta de manera ordenada hasta su conclusión tanto por el exterior como por el interior. El proceso de limpieza concluirá con la aplicación a brocha de alcohol en superficie (etilico o mezcla tipo mostanol) para desengrasar y secar la superficie, preparándola así para la protección.

5. Aplicación de Inhibición – pasivación y protecciones anticorrosivas.

La superficie del bronce una vez tratada y seca, se inhibirá con una doble capa de inhibición química AMT y BTA diluida al 1 % la primera y 3% la segunda en solución hidroalcohólica 1:1, aplicada a brocha. El sistema operativo secuencial es la aplicación del un primer inhibidor y tras el secado y limpieza en seco de los residuos producidos, la aplicación del siguiente.

6. Aplicación de películas protectoras: Para asegurar una correcta protección del bronce se considera necesario un sellado superficial con películas de resina sintética tipo Incralac, al menos tres capas, en disoluciones con concentraciones progresivas, la primera la menos para facilitar su penetración, al 10% en xileno o similar, la 2ª al 15% y la tercera entre el 20-30 %, en disolvente volátil (acetona). Aplicados a brocha, con sistema operativo secuencial, aplicación de una primera película y tras su secado la aplicación de la siguiente hasta concluir el proceso.

En función de la evaluación del trabajo, y el aspecto final, se considerará aplicar otra capa más de resina con similar concentración de la última, o/y añadir una película hidrófuga de cera microcristalina disuelta en white-spirit de dureza alta.

La intervención prevista en el badajo.

El badajo es otro elemento que modifica el timbre, ya que según el metal que sea, tiende a reforzar unos u otros armónicos, con resultados bien distintos. El badajo es de hierro dulce,

pasado por la fragua y dejado enfriar lentamente para que no se acere y gane en dureza y por tanto en peligrosidad. Incluso, hace un par de siglos, los badajos de las campanas gordas, que seguramente tocaban menos que ahora, eran llevados cada dos o tres años al herrero, aunque estuviesen bien en apariencia, para reducir la resistencia del metal, endurecido a base de los repetidos golpes sobre la campana.

Los badajos estaban también aislados acústicamente de las campanas, mediante complicados atados, con cuerdas, con cuero o incluso intercalando pedazos de madera, de modo que el sonido de unos y otras no se interfiriese.

Por lo expresado anteriormente es preceptiva la sustitución de la badajera en material compatible, realizándola en acero inoxidable W.NR.1.4401. La intervención prevé la instalación de un nuevo badajo fabricado en hierro F1 pintado de color negro, con asa de sujeción, correa de cuero y cable de seguridad.

La intervención prevista en el yugo.

Como hemos apuntado anteriormente el fin primordial del proyecto en cuanto a las campanas es devolverle su sonido, y para ello hay que recuperar todas las partes originales. Es por ello que se sustituirá el yugo metálico actual instalado en un pasado reciente, recolocando el de madera que hasta ahora permanecía en el campanario en la "sala de los yugos".

El criterio marcado para la conservación de estos elementos es el de mínima intervención. Se conservarán todas las partes posibles con sus respectivos acabados y recubrimientos para conservar al máximo su autenticidad, sin perder de vista por ello que a la vez que elementos de valor patrimonial se trata de elementos funcionales que están sujetos al fin último de contribuir a la recuperación del sonido de las campanas y que deben reunir los requisitos de funcionalidad y seguridad preceptivos.

Para la restauración de estos elementos se propone seguir los siguientes puntos:

1. Limpieza de la suciedad superficial mediante aspirador y brocha para poder comprobar si existen restos de recubrimientos.
2. Limpieza de depósitos de polvo adheridos con soluciones de agua desionizada-alcohol etílico (50%) previa comprobación de solubilidad (se trata de una pintura-esmalte al aceite). Lo mismo para las inscripciones que presenta.
3. De forma física se retirarán las concreciones de grasa presentes realizando un tratamiento posterior con tensoactivos en la parte de los ejes que ha ido acumulando una mezcla de polvo y grasa.

4. Tratamiento de desinsectación mediante inyección de insecticida-fungicida a base de permetrina (0,7%) y propiconazol (1,2%) agujero por agujero.
5. Desmontaje de los elementos metálicos para su tratamiento.
6. Limpieza de los elementos metálicos. Limpieza de los depósitos de óxido mediante cepillado superficial con cepillos de fibra de vidrio. Eliminación de recubrimientos modernos (restos de minio) con disolventes aromáticos y de forma física con escalpelo así como restos de grasa con soluciones de agua hidrocarburos alifáticos y tensoactivos.
7. Tratamiento pasivador de los elementos metálicos mediante aplicación de una solución de ácido tánico y posterior retirada de depósitos sobrantes con humectación de hisopos con agua desionizada.
8. Tratamiento protector de los elementos de hierro mediante aplicación de resina acrílica (Paraloid B-44) en disolvente aromático al 5%.
9. Reparación funcional de los elementos metálicos seccionados. El carácter funcional de estos elementos obliga a su exhaustiva revisión. Los elementos seccionados se recuperarán mediante soldadura si ésta garantiza la seguridad de la campana. Por ello se realizarán trabajos de rebaje de la parte seccionada original con injertos del mismo material consiguiendo soldaduras lineales que trabajen correctamente a tracción para asegurar su funcionalidad. De forma puntual y justificada se podrá realizar una réplica (como estaba previsto en el proyecto inicial) de alguno de los herrajes si la opción anterior no se considerara segura. En la inspección realizada hasta la fecha parece que la totalidad de los herrajes podrán ser recuperados. Para verificar que esto es así se realizarán pruebas de soldadura con las comprobaciones y verificaciones oportunas.
10. Realización de injertos con madera de las mismas características y con resina epoxídica específica para madera para la recuperación de las pérdidas más importantes que incidan en su funcionalidad (esta intervención puede considerarse como anecdótica).
11. Tratamiento protector de la madera y revestimiento mediante aplicación de resina acrílica (Paraloid B-72) en disolvente aromático en una aplicación al 5%.
12. Posteriormente se procederá al montaje del yugo a la campana para su posterior izado y recolocación en el campanario.

La mecanización de la campana:

Se instalará el sistema de bandeo/volteo electrónico 'CAMPA MOVOTRON', que imita el bandear/voltear manual por medio de un sistema de regulación y feedback muy preciso, que manda los motores eléctricos.

El sistema consiste en una forma de automatizaci3n 'suave', que no daña a las campanas y que garantiza el bandear/voltar con calidad. La instalaci3n se complementará con la capacitaci3n de instaladores locales para posibilitar el servicio y mantenimiento local.

La instalaci3n permitir4 la desconexi3n del sistema para tocar manualmente las campanas en momentos específcos, de acuerdo con la prescripci3n octava de la CIPH.

Para la automatizaci3n de las campanas est4n previstas las siguientes intervenciones:

-Adaptaci3n de los ejes de hierro cuadrado, para el acoplamiento del yugo de madera a los rodamientos para el soporte y bandeo de la campana.

-Montaje del yugo de madera sobre la campana.

-Colocaci3n de refuerzos en las vigas de madera para el soporte de los rodamientos de las campanas.

-Instalaci3n de Rueda met4lica circular para el uso del balanceo mediante el motor el4ctrico.

-Equilibrio de la campana en vertical.

-Instalaci3n de un motor el4ctrico, controlado electr3nicamente el bandeo y boca arriba de la campana ajustado a su peso.

-Instalaci3n de un electro martillo met4lico para el repique de la campana.

1.3.4. Na Prima

Fundició año	1310
Diàmetre	75 cm
Peso aproximado	250 Kg



Na Prima

Descripción del objeto:

El bronce:

Materia: El vaso está realizado en fundición de bronce.

Dimensiones: El diámetro de la campana es de 760 mm y su altura es de 650 mm.

Peso: Peso estimado 254 kg.

Inscripciones: Ver calco de las epigrafías.



Se trata de otra de las campanas más antiguas del campanario, de 1312. Como parte de la documentación de la campana se aportan fotografías adicionales generales y de detalle así como el calco de las epigrafías que presenta.

En la actualidad presenta un yugo metálico instalado a mediados del siglo XX que será sustituido por otro, de madera, más antiguo. el yugo metálico incide negativamente en la sonoridad de la campana.

El badajo:

Presenta un badajo de hierro dulce fijado a la campana con tornillos y pletinas modernas.

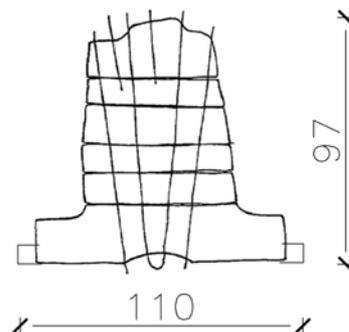
El yugo:

Materia: El yugo está constituido por madera de encina escuadrada pero sin salir de la forma muy simple. Cuenta con herrajes metálicos que sirven para sujetar la campana al yugo. Una de las sujeciones atraviesa en sentido longitudinal el yugo mientras que dos pares más por cara lo hacen exteriormente pasando a través de unas fijaciones metálicas clavadas a la madera.

Dimensiones: Está formado por seis piezas de madera que conforman un bloque de las siguientes dimensiones: ancho superior 56 cms, ancho inferior (con eje) 110 cms, alto 95 cms y 16 de grosor cms.

Revestimientos: La melena no presenta revestimiento (pintura) de ningún tipo.

Decoraciones-inscripciones: Presenta una inscripción en la primera viga (empezando por abajo), pintada en color negro, en mayúsculas y en una tipografía de aire modernista sobre el revestimiento de color gris que reza "CAMPANA PRIMA".



Estado de conservación del objeto:

El bronce:

Alteraciones detectadas en el examen organoléptico realizado:

-Depósitos superficiales y adheridos: La campana presenta depósitos de polvo adherido que cubren prácticamente la totalidad de la parte exterior de la campana.

Estos depósitos de suciedad superficial impiden poder realizar un examen más exhaustivo acerca del estado de las campanas a nivel epitelial. En una primera observación se detectan restos de pintura, imprimación y grasas en forma de salpicaduras, principalmente fruto del mantenimiento de los yugos. En una observación más concienzuda vemos como en algunos puntos estos depósitos han saltado, dejando ver zonas donde el bronce está exfoliado con pérdidas de material, observándose lagunas de diferente consideración. También podemos notar a través de estos puntos libres de depósitos superficiales o en zonas más protegidas como el metal, en contacto con los agentes atmosféricos, ha ido transformándose. Se observa el color del propio metal de color marrón en la parte protegida por el yugo, zonas de óxido con la típica coloración de "rojo inglés" y diferentes verdes azulados propios de la transformación de óxidos en sales a través del contacto con la contaminación atmosférica y el spray marino. A través de las analíticas, cuyos resultados se adjuntan en documentación aparte, podemos conocer la naturaleza de estas sales, así como deducir de forma más precisa cómo se han formado, e incluso sus espesores, para tener un mayor control de cara a las intervenciones de limpieza.

-Pérdidas de volumen: Encontramos importantes pérdidas en dos bordes de la campana o labio. Erosión en el lado A 20 cm de largo por 4 cm de profundidad. Erosión en



el lado B 10 cm de largo por 3 cm de profundidad. Esta alteración es la más frecuente en el conjunto de campanas. Se localiza en los puntos de golpe del badajo que siendo demasiado duro y no estando bien equilibrado ha ido produciendo una notable erosión que se traduce en una pérdida de la calidad del sonido. La pérdida supera el 10% del volumen del borde, que es de 13 cms.

Este es el umbral que se considera que no se debe sobrepasar para considerar que existe una modificación sustancial del sonido. El resto de campanas que presentan este grado de alteración van a ser tratadas en caliente con el método Lachenmeyer.

-Adición de elementos impropios: Presenta en la parte superior, en las anillas, la adición de unas correas de hierro para sujetar las asas en una reparación que se realizó en el pasado. Esta intervención es del todo inadecuada y denota que las asas se encontraban en muy mal estado por defectos de fabricación o por el uso. La superposición de estas correas añadidas no asegura su correcta conservación, sinó que, al ser pasantes, y al atravesar la parte superior del vaso afectan a la campana así como también las sujeciones de acero colocadas para sujetar el badajo de acero a la parte superior del bronce. Se trata de una serie de tornillos pasantes que sujetan una pletina que a su vez sujeta el badajo. La perforación de la campana en esta zona influye en la distorsión de la tonalidad de la campana pero principalmente puede afectar a su estructura. De todos es sabido que el acero se oxida y que con esta oxidación se produce un aumento de volumen del material. Los tornillos de acero producen una tensión en la parte más delicada de la campana, donde se sitúan las asas que la sujetan al yugo. La acción como cuña de estos tornillos puede haber producido fisuras internas en el bronce. Hay que recordar que la campana se usa en ocasiones muy especiales y básicamente se la ha hecho repicar. Para que recupere el sonido original se le instalará su yugo de madera y (con sus nuevos ejes) se reproducirán los movimientos de bandeado originales para conseguir recuperar su sonido. El movimiento de bandeado produce una enorme tensión por la fuerza centrífuga a la que se ve sometida la campana. Las posibles microfisuras existentes podrían, con esa tensión, aumentar y comprometer la seguridad de la campana con unas consecuencias impredecibles. Es imprescindible sustituir la forma de sujeción del badajo, con una anilla de material inoxidable usando el único agujero original, tapan los agujeros existentes y verificar que no existan fisuras o microfisuras en esta zona. Esta campana tiene un riesgo muy elevado de romperse y caer, está muy insegura.

El badajo:

Como hemos apuntado la sujeción del badajo a la campana no ofrece las garantías necesarias para su seguridad. Al mismo tiempo no está colocado con la precisión debida, lo que ha producido el desgaste localizado del bronce. Los badajos son elementos funcionales que se han ido sustituyendo a lo largo de los años, cuando su desgaste heterogéneo incidía negativamente en el sonido y en la conservación de la campana y cuando simplemente por el uso se aceraban tornándose más rígidos.

El yugo:

Alteraciones superficiales detectadas en el examen organoléptico realizado:

-Depósitos superficiales y adheridos: Las diferentes partes que conforman el yugo presentan depósitos de polvo adherido que cubre la totalidad de la parte exterior de la campana. Los gran cantidad de suciedad superficial es debida a que se han colocado en su ubicación actual sin ningún tipo de protección ni mantenimiento. De forma localizada



encontramos importantes depósitos de restos de grasa y polvo apelmazado en la parte que corresponde a los ejes, fruto del engrasado paulatino de los ejes. De entre los diferentes depósitos presentes hay que mencionar algunos restos poco importantes de pintura negra usada en el repintado de los herrajes e incluso de minio. Cabe mencionar que seguramente los yugos en uso fueron objeto de un mantenimiento continuo en el que no se tuvo mucho cuidado en el elemento como objeto patrimonial. Cuando alguna parte estaba en mal estado se sustituía, y cuando había que darles una mano de pintura, se daba, sin mucho cuidado ni discriminación por lo que se desprende de los goteos y salpicaduras.



La oxidación de los herrajes ha producido también tinción sobre la superficie.

Alteraciones existentes en el soporte del yugo detectadas en el examen organoléptico realizado:

La madera que constituye la estructura del yugo se encuentra en un estado de conservación aceptable. La principal alteración que presenta es el ataque biológico y se puede considerar como moderado. Se observan orificios de insectos xilófagos principalmente en las caras interiores. Se detectan dos tipos de orificios: de *Hylotrupes bajulus* y de *Anobium punctatum*. Los orificios y galerías de mayor tamaño que se observan son de entorno a los ± 8 mm por lo que se trata de un ataque de *Hylotrupes bajulus*. El otro ataque, de menor intensidad y más moderado, por los tamaños de los orificios de salida, de entorno a los 2mm es de *Anobium punctatum* (carcoma común) pertenece al orden de los coleópteros (escarabajos), el más numeroso de la clase de los

insectos, y dentro de este a la familia de los Anóbidos (para una explicación más extensa ver la descripción del apartado de n'Eloi).

La acción continuada de la carcoma en la madera altera sus propiedades físicas. La gran cantidad de galerías que pueden llegar a excavar debilita la madera de tal manera que es fácil que sea extremadamente frágil o, en casos extremos, llegue a desaparecer. Aunque en el caso que nos ocupa el ataque como hemos dicho es moderado.



Por el color del serrín que se halla en el interior de las galerías no parece que los ataques sean recientes. Al ser el soporte de madera de encina, y por tanto, de una gran dureza, el ataque biológico no ha alterado significativamente la consistencia de los elementos de una forma generalizada.

En zonas puntuales cercanas a las aristas existen algunas zonas debilitadas por los ataques de los insectos xilófagos y esto unido a efectos de origen antrópico (en el traslado de los yugos cuando se sustituyeron por los metálicos) ha desembocado en pérdidas de volumen pero siempre poco significativas.

De forma puntual encontramos fendas de secado que por su disposición y características no representan un problema para la estructura de ninguna de las piezas que conforman el yugo.



Alteraciones existentes en los herrajes detectadas en el examen organoléptico realizado:

Las piezas metálicas que forman parte del yugo uniendo las piezas de madera presentan una oxidación superficial moderada. En ningún caso se aprecia exfoliación por lo que la oxidación no representa una alteración significativa. En los herrajes se observan a nivel superficial y de forma residual restos de pintura (de color negro), de minio de plomo (de color naranja) e incluso de color gris, color con el que se fueron pintando la mayoría de los yugos.

La alteración más significativa que presentan algunos de los herrajes es que están seccionados. Todo apunta que en el momento de sustituir los yugos de madera por los metálicos se cortaron algunos de ellos por la altura de la rosca para facilitar su desmontaje (seguramente el óxido dificultó que las tuercas salieran y se optó por cortarlas con seguetas).



La mayoría de los herrajes se conservan (con cortes algunos y enteros otros). Faltan algunas de las sujeciones metálicas que unían los herrajes a los bloques de madera. Otros, como en la foto, están deformados.

La intervención sobre el bronce de la campana *in situ* (propuesta de limpieza y estabilización):

El estado de conservación de esta campana hace necesario que se lleve a cabo una intervención más profunda sobre el bronce que la prevista inicialmente (con el criterio de mínima intervención) a tenor de las alteraciones detectadas y a la necesidad de su estabilización para asegurar su correcta conservación.

La propuesta prioriza en este caso la conservación material del objeto frente a la recuperación del sonido del mismo (por los riesgos a los que se verían expuestas las epigrafías en las zonas que presentan alteración). Los ejes en los que se articula la intervención son: limpieza, estabilización y protección. Se descartan en este momento reposiciones de volumen.

Esquema de tratamiento del bronce que se propone:

1. Registro fotográfico y videográfico previo y de todos los procesos.

2. Estudio y caracterización de materiales constitutivos y productos de corrosión (ver el estudio de los materiales anexo).
3. Estudio del estado de conservación y determinación de las causas de deterioro de las campanas.
4. Aplicación de las fases secuenciales de limpieza.
5. Aplicación de Inhibición – pasivación y protecciones anticorrosivas.
6. Aplicación de películas protectoras.

Desarrollo del esquema de tratamiento del bronce que se propone:

1. Registro fotográfico y videográfico previo y de todos los procesos. Como primera precaución antes de cualquier manipulación se realizará una exhaustiva documentación grafica, videográfica, fotográfica de conjunto y de detalle. Este tipo de documentación, que el IPCE considera preceptiva, se completará con el escaneado de la campana para contar así con un registro tridimensional del objeto.

2. Estudio y caracterización de materiales constitutivos y productos de corrosión (ver el estudio de los materiales anexo). La realización de la extensa batería de análisis ha permitido caracterizar los depósitos y productos de alteración. La puntual extracción de muestras para determinar el estado de los sustratos metálicos, realizados por el Area de Investigación del IPCE, han resultado también fundamentales a la hora de determinar con precisión la metodología de trabajo.

Mayoritariamente la capa de corrosión está compuesta por capas de yeso con adherencias terrosas, entre las que aparecen diseminadas profundas picaduras de cloruros. Conservan núcleo de metal sano, en el que aparecen microfisuras producidas por procesos corrosivos de tipo bajo tensión, sobre el metal sano una densa capa de óxidos de cobre (cuprita) y sobre esta cloruros y carbonatos. Esta película tiene un grosor que oscila, según los puntos tomados en el muestreo, entre 2 y 5 mm.

En los laboratorios del IPCE se han sometido las muestras a un calentamiento de 750°. Se trata de una temperatura superior a la prevista en el proceso de restauración, de unos 400°. Se observa una fuerte contracción y se incrementa la separación de la capa de corrosión. Aparece una superficie del núcleo metálico mucho más rugosa, y proclive a la corrosión. Además las fases cristalinas del metal se transforman, modificándose características esenciales como la sonoridad.

La pérdida de la capa de corrosión en las campanas góticas, sin duda repercutiría en el adelgazamiento de las inscripciones, tratándose de bajorrelieves. Pero un metal expuesto a una atmosfera urbana marina tan agresiva (sales en suspensión, deposiciones de partículas, aerosoles, gases contaminates y corrosivos) necesita de la aplicación de un

tratamiento de estabilización y protección en las superficies, que garantice su estabilidad y minimice los procesos corrosivos que están en marcha en las campanas.

3. Estudio del estado de conservación y determinación de las causas de deterioro de las campanas⁵. Causas de deterioro: El elemento en cuestión es de bronce que tiene como componente mayoritario el cobre (ver proporciones de su composición en los estudios de SGS). Las campanas se localizan en el campanario de la catedral, a escasos metros del mar y a diferentes atmosféricas. El metal expuesto a una atmosfera urbana marina tan agresiva (sales en suspensión, deposiciones de partículas, aerosoles, gases contaminantes y corrosivos), después de la oxidación inicial propia del metal en contacto con el oxígeno, pasa a reaccionar con los agentes atmosféricos a los que está expuesto generando diferentes productos de corrosión en forma de picaduras que van creciendo hasta formar pequeñas áreas que tienden a desprenderse por exfoliación dejando como resultado lagunas de diferente consideración.

Las causas de deterioro, que afectan a todas las campanas en mayor o menor medida, son fruto de la reacción del material que las constituye con el medio en el que se encuentran. Desde un punto de vista global afirmamos que aunque la campana presenta alteraciones en un grosor de entre 2 y 5 mm su estado de conservación es bastante bueno, a tenor de los siete siglos de antigüedad del elemento y a las condiciones a las que ha sido expuesto durante todo este tiempo, aunque es importante minimizar los procesos de alteración para minimizar los procesos corrosivos que están en marcha y mejorar así sus condiciones de conservación.

4. Aplicación de las fases secuenciales de limpieza. Es necesario llevar a cabo una intervención de limpieza que sea capaz de eliminar los productos de corrosión que se encuentran en la superficie de la campana y que la están alterando sin dañar el soporte ni las pátinas no perjudiciales de la campana.

La composición y estado de conservación del sustrato metálico y la caracterización de los productos de corrosión con las películas de yeso, condicionan el sistema de limpieza a utilizar. Dadas las características del soporte y de los depósitos a eliminar consideramos que los mejores resultados se obtendrán con sistemas mecánicos en seco.

Primero se realizará una aspiración general con cepillado suave de la superficie, para eliminar el polvo y suciedad depositadas.

La limpieza se realizará de manera mecánica en seco, tratando de eliminar las capas más gruesas de los depósitos de yeso. En caso necesario se reblandecerán con apósitos de algodón hidrófilo impregnados en una disolución de agua destilada con alcohol etílico al 50%.

⁵ Criterios generales y metodología marcados por el Plan Nacional de Catedrales, apartados C y D Carta de La Valetta 2011

El proceso de limpieza en sí se realizará con microabrasímetro (no con chorro) con carga inerte (en principio microesferas de vidrio de tamaño impalpable) aplicadas con la presión e inclinación precisas para eliminar películas de adherencias terrosas. Pueden probarse otras cargas abrasivas con diferentes durezas (pero siempre las más suaves), como las vegetales o las plásticas.

Si fuese necesario, se utilizarán micromotores con fresas de caucho y copas de cerdas naturales.

Se valorará la limpieza con láser en las zonas de las capas adheridas más gruesas. Láser de Nd-Yag (1064 nm) por fotoablación, aplicando la energía y frecuencia de radiación que se determinen en las pruebas previas como adecuadas. En caso necesario, se pulverizará previamente la zona a tratar con nebulización de agua destilada.

Tras ajustar los parámetros de limpieza con la realización de pruebas previas, y la elección del sistema más efectivo se empezará con la limpieza aplicando los tratamientos desde la parte más alta de manera ordenada hasta su conclusión tanto por el exterior como por el interior. El proceso de limpieza concluirá con la aplicación a brocha de alcohol en superficie (etilico o mezcla tipo mostanol) para desengrasar y secar la superficie, preparándola así para la protección.

5. Aplicación de Inhibición – pasivación y protecciones anticorrosivas.

La superficie del bronce una vez tratada y seca, se inhibirá con una doble capa de inhibición química AMT y BTA diluida al 1 % la primera y 3% la segunda en solución hidroalcohólica 1:1, aplicada a brocha. El sistema operativo secuencial es la aplicación del un primer inhibidor y tras el secado y limpieza en seco de los residuos producidos, la aplicación del siguiente.

6. Aplicación de películas protectoras: Para asegurar una correcta protección del bronce se considera necesario un sellado superficial con películas de resina sintética tipo Inralac, al menos tres capas, en disoluciones con concentraciones progresivas, la primera la menos para facilitar su penetración, al 10% en xileno o similar, la 2ª al 15% y la tercera entre el 20-30 %, en disolvente volátil (acetona). Aplicados a brocha, con sistema operativo secuencial, aplicación de una primera película y tras su secado la aplicación de la siguiente hasta concluir el proceso.

En función de la evaluación del trabajo, y el aspecto final, se considerará aplicar otra capa más de resina con similar concentración de la última, o/y añadir una película hidrófuga de cera microcristalina disuelta en white-spirit de dureza alta.

La intervención prevista en el badajo.

El badajo es otro elemento que modifica el timbre, ya que según el metal que sea, tiende a reforzar unos u otros armónicos, con resultados bien distintos. El badajo es de hierro dulce,

pasado por la fragua y dejado enfriar lentamente para que no se acere y gane en dureza y por tanto en peligrosidad. Incluso, hace un par de siglos, los badajos de las campanas gordas, que seguramente tocaban menos que ahora, eran llevados cada dos o tres años al herrero, aunque estuviesen bien en apariencia, para reducir la resistencia del metal, endurecido a base de los repetidos golpes sobre la campana.

Los badajos estaban también aislados acústicamente de las campanas, mediante complicados atados, con cuerdas, con cuero o incluso intercalando pedazos de madera, de modo que el sonido de unos y otras no se interfiriese.

Por lo expresado anteriormente es preceptiva la sustitución de la badajera en material compatible, realizándola en acero inoxidable W.NR.1.4401. La intervención prevé la instalación de un nuevo badajo fabricado en hierro F1 pintado de color negro, con asa de sujeción, correa de cuero y cable de seguridad.

La intervención prevista en el yugo.

Como hemos apuntado anteriormente el fin primordial del proyecto en cuanto a las campanas es devolverle su sonido, y para ello hay que recuperar todas las partes originales. Es por ello que se sustituirá el yugo metálico actual instalado en un pasado reciente, recolocando el de madera que hasta ahora permanecía en el campanario en la "sala de los yugos".

El criterio marcado para la conservación de estos elementos es el de mínima intervención. Se conservarán todas las partes posibles con sus respectivos acabados y recubrimientos para conservar al máximo su autenticidad, sin perder de vista por ello que a la vez que elementos de valor patrimonial se trata de elementos funcionales que están sujetos al fin último de contribuir a la recuperación del sonido de las campanas y que deben reunir los requisitos de funcionalidad y seguridad preceptivos.

Para la restauración de estos elementos se propone seguir los siguientes puntos:

1. Limpieza de la suciedad superficial mediante aspirador y brocha para poder comprobar si existen restos de recubrimientos.
2. Limpieza de depósitos de polvo adheridos con soluciones de agua desionizada-alcohol etílico (50%). Para las inscripciones comprobación previa de solubilidad (se trata de una pintura-esmalte al aceite).
3. De forma física se retirarán las concreciones de grasa presentes realizando un tratamiento posterior con tensoactivos en la parte de los ejes que ha ido acumulando una mezcla de polvo y grasa.

4. Tratamiento de desinsectación mediante inyección de insecticida-fungicida a base de permetrina (0,7%) y propiconazol (1,2%) agujero por agujero.
5. Desmontaje de los elementos metálicos para su tratamiento.
6. Limpieza de los elementos metálicos. Limpieza de los depósitos de óxido mediante cepillado superficial con cepillos de fibra de vidrio. Eliminación de recubrimientos modernos (restos de minio) con disolventes aromáticos y de forma física con escalpelo así como restos de grasa con soluciones de agua hidrocarburos alifáticos y tensoactivos.
7. Tratamiento pasivador de los elementos metálicos mediante aplicación de una solución de ácido tánico y posterior retirada de depósitos sobrantes con humectación de hisopos con agua desionizada.
8. Tratamiento protector de los elementos de hierro mediante aplicación de resina acrílica (Paraloid B-44) en disolvente aromático al 5%.
9. Reparación funcional de los elementos metálicos seccionados. El carácter funcional de estos elementos obliga a su exhaustiva revisión. Los elementos seccionados se recuperarán mediante soldadura si ésta garantiza la seguridad de la campana. Por ello se realizarán trabajos de rebaje de la parte seccionada original con injertos del mismo material consiguiendo soldaduras lineales que trabajen correctamente a tracción para asegurar su funcionalidad. De forma puntual y justificada se podrá realizar una réplica (como estaba previsto en el proyecto inicial) de alguno de los herrajes si la opción anterior no se considerara segura. En la inspección realizada hasta la fecha parece que la totalidad de los herrajes podrán ser recuperados. Para verificar que esto es así se realizarán pruebas de soldadura con las comprobaciones y verificaciones oportunas.
10. Realización de injertos con madera de las mismas características y con resina epoxídica específica para madera para la recuperación de las pérdidas más importantes que incidan en su funcionalidad (esta intervención puede considerarse como anecdótica).
11. Tratamiento protector de la madera y revestimiento mediante aplicación de resina acrílica (Paraloid B-72) en disolvente aromático en una aplicación al 5%.
12. Posteriormente se procederá al montaje del yugo a la campana para su posterior izado y recolocación en el campanario.

La mecanización de la campana:

Se instalará el sistema de bandedo/volteo electrónico 'CAMPA MOVOTRON', que imita el bandedo/voltear manual por medio de un sistema de regulación y feedback muy preciso, que manda los motores eléctricos.

El sistema consiste en una forma de automatizaci3n 'suave', que no daña a las campanas y que garantiza el bandear/voltar con calidad. La instalaci3n se complementará con la capacitaci3n de instaladores locales para posibilitar el servicio y mantenimiento local.

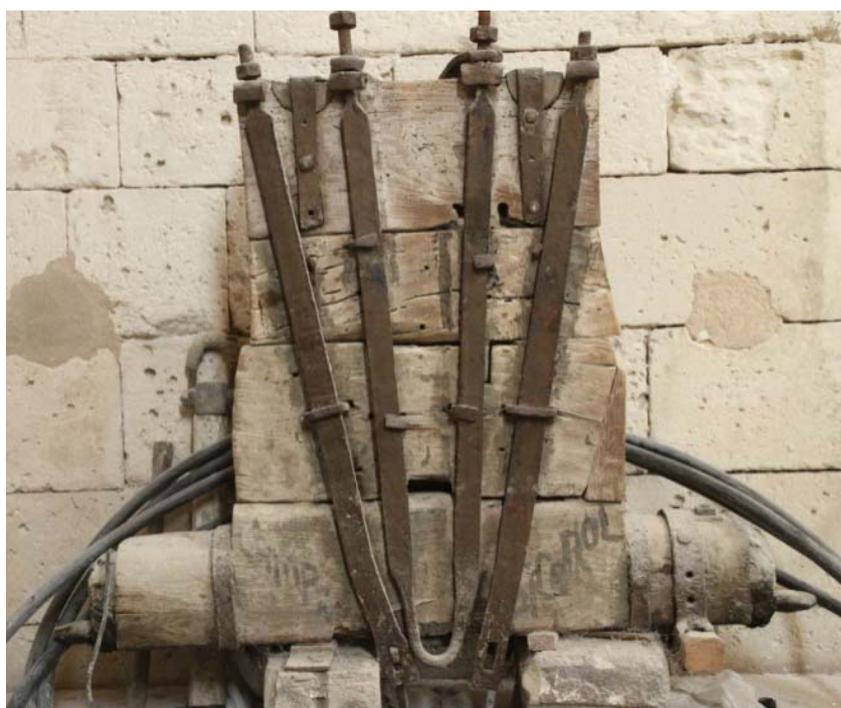
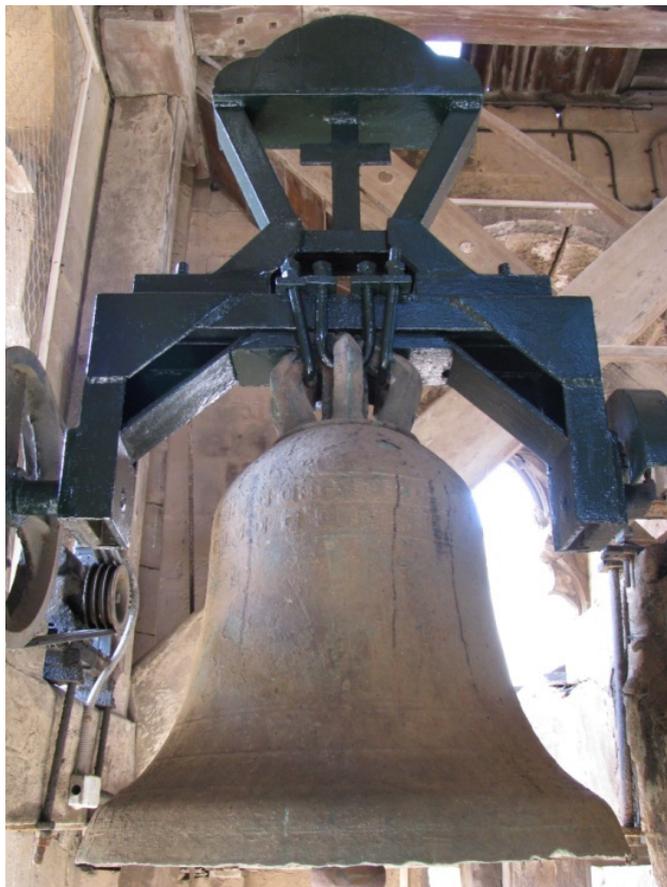
La instalaci3n permitir4 la desconexi3n del sistema para tocar manualmente las campanas en momentos específcicos, de acuerdo con la prescripci3n octava de la CIPH.

Para la automatizaci3n de las campanas est4n previstas las siguientes intervenciones:

- Adaptaci3n de los ejes de hierro cuadrado, para el acoplamiento del yugo de madera a los rodamientos para el soporte y bandeo de la campana.
- Montaje del yugo de madera sobre la campana.
- Colocaci3n de refuerzos en las vigas de madera para el soporte de los rodamientos de las campanas.
- Instalaci3n de Rueda met4lica circular para el uso del balanceo mediante el motor el4ctrico.
- Equilibrio de la campana en vertical.
- Instalaci3n de un motor el4ctrico, controlado electr3nicamente el bandeo y boca arriba de la campana ajustado a su peso.
- Instalaci3n de un electro martillo met4lico para el repique de la campana.

1.3.5. Na Picarol

Fundició año	1310
Diámetro	76 cm
Peso aproximado	254 Kg



Na Picarol

Descripción del objeto:

El bronce:

Materia: El vaso está realizado en fundición de bronce.

Dimensiones: El diámetro de la campana es de 760 mm y su altura es de 650 mm.

Peso: Peso estimado 254 kg.

Inscripciones: Se ha realizado un calco de las epigrafías que se adjunta como anexo.



Se trata de otra de las campanas más antiguas del campanario, de 1312. Como parte de la documentación de la campana se aportan fotografías adicionales generales y de detalle así como el calco de las epigrafías que presenta.

En la actualidad presenta un yugo metálico instalado a mediados del siglo XX que será sustituido por otro, de madera, más antiguo. el yugo metálico incide negativamente en la sonoridad de la campana.

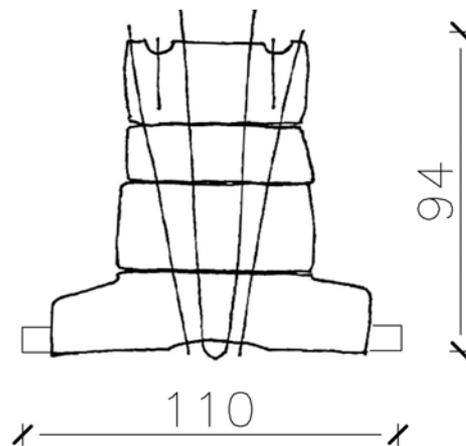
El badajo:

Presenta un badajo de hierro dulce fijado a la campana con tornillos y pletinas modernas.

El yugo:

Materia: El yugo está constituido por madera de encina escuadrada pero sin salir de la forma muy simple. Cuenta con herrajes metálicos que sirven para sujetar la campana al yugo. Una de las sujeciones atraviesa en sentido longitudinal el yugo mientras que dos pares más por cara lo hacen exteriormente pasando a través de unas fijaciones metálicas clavadas a la madera.

Dimensiones: Está formado por seis piezas de madera que conforman un bloque de las siguientes



dimensiones: ancho superior 90 cms, ancho inferior (con eje) 110 cms, alto 94 cms y 17 cms de grosor.

Revestimientos: La melena no presenta revestimiento (pintura) de ningún tipo.

Decoraciones-inscripciones: Presenta una inscripción en la primera viga (empezando por abajo), pintada en color negro, en mayúsculas y en una tipografía de aire modernista sobre el revestimiento de color gris que reza "CAMPANA PICAROL".

Otros: Presenta en la parte superior dos piezas de plomo embutidas en la pieza superior y de forma semicilíndrica

Estado de conservación del objeto:

El bronce:

Alteraciones detectadas en el examen organoléptico realizado:

-Depósitos superficiales y adheridos: La campana presenta depósitos de polvo adherido que cubren prácticamente la totalidad de la parte exterior de la campana.

Estos depósitos de suciedad superficial impiden poder realizar un examen más exhaustivo acerca del estado de las campanas a nivel epitelial. En una primera observación se detectan restos de pintura, imprimación y grasas en forma de salpicaduras, principalmente fruto del mantenimiento de los yugos. En una observación más concienzuda vemos como en algunos puntos estos depósitos han saltado, dejando ver zonas donde el bronce está exfoliado con pérdidas de material, observándose lagunas de diferente consideración. También podemos notar a través de estos puntos libres de depósitos superficiales o en zonas más protegidas como el metal, en contacto con los agentes atmosféricos, ha ido transformándose. Se observa el color del propio metal de color marrón en la parte protegida por el yugo, zonas de óxido con la típica coloración de "rojo inglés" y diferentes verdes azulados propios de la transformación de óxidos en sales a través del contacto con la contaminación atmosférica y el spray marino. A través de las analíticas, cuyos resultados se adjuntan en documentación aparte, podemos conocer la naturaleza de estas sales, así como deducir de forma más precisa cómo se han formado, e incluso sus espesores, para tener un mayor control de cara a las intervenciones de limpieza.



-Pérdidas de volumen: Encontramos importantes pérdidas en dos bordes de la campana o labio. Erosión en el lado A 20 cm de largo por 4 cm de profundidad. Erosión en el lado B 10 cm de largo por 3 cm de profundidad. Esta alteración es la más frecuente en el conjunto de campanas. Se localiza en los puntos de golpe del badajo que siendo demasiado duro y no estando bien equilibrado ha ido produciendo una notable erosión que se traduce en una pérdida de la calidad del sonido. La pérdida supera el 10% del volumen del borde, que es de 13 cms. Este es el umbral que se considera que no se debe sobrepasar para considerar que existe una modificación sustancial del sonido. El resto de campanas que presentan este grado de alteración van a ser tratadas en caliente con el método Lachenmeyer.

-Adición de elementos impropios: Presenta en la parte superior, sujeciones de acero colocadas para sustentar el badajo de acero a la parte superior del bronce. Se trata de una serie de tornillos pasantes que sujetan una pletina que a su vez sujeta el badajo. La perforación de la campana en esta zona influye en la distorsión de la tonalidad de la campana pero principalmente puede afectar a su estructura. De todos es sabido que el acero se oxida y que con esta oxidación se produce un aumento de volumen del material. Los tornillos de acero producen una tensión en la parte más delicada de la campana, donde se sitúan las asas que la sujetan al yugo. La acción como cuña de estos tornillos puede haber producido fisuras internas en el bronce. Hay que recordar que la campana se usa en ocasiones muy especiales y básicamente se la ha hecho repicar. Para que recupere el sonido original se le instalará su yugo de madera y (con sus nuevos ejes) se reproducirán los movimientos de bandeado originales para conseguir



recuperar su sonido. El movimiento de bandeado produce una enorme tensión por la fuerza centrífuga a la que se ve sometida la campana. Las posibles microfisuras existentes podrían, con esa tensión, aumentar y comprometer la seguridad de la campana con unas consecuencias impredecibles. Es imprescindible sustituir la forma de sujeción del badajo, con una anilla de material inoxidable usando el único agujero original, tapar los agujeros existentes y verificar que no existan fisuras o microfisuras en esta zona.

La campana presenta en las asas problemas de exfoliación del material y se observan oquedades o poros que denotan que el material no es del todo homogéneo, lo que sin duda puede afectar a la estabilidad de la campana y por tanto a su seguridad.

El badajo:

Como hemos apuntado la sujeción del badajo a la campana no ofrece las garantías necesarias para su seguridad. Al mismo tiempo no está colocado con la precisión debida, lo que ha producido el desgaste localizado del bronce. Los badajos son elementos funcionales que se han ido sustituyendo a lo largo de los años, cuando su desgaste heterogéneo incidía negativamente en el sonido y en la conservación de la campana y cuando simplemente por el uso se aceraban tornándose más rígidos.

El yugo:

Alteraciones superficiales detectadas en el examen organoléptico realizado:

-Depósitos superficiales y adheridos: Las diferentes partes que conforman el yugo presentan depósitos de polvo adherido que cubre la totalidad de la parte exterior de la campana. Los gran cantidad de suciedad superficial es debida a que se han colocado en su ubicación actual sin ningún tipo de protección ni mantenimiento. De forma localizada encontramos importantes depósitos de restos de grasa y polvo apelmazado en la parte que corresponde a los ejes, fruto del engrasado paulatino de los ejes. De entre los diferentes depósitos presentes hay que mencionar algunos restos poco importantes de pintura negra usada en el repintado de los herrajes e incluso de minio. Cabe mencionar que seguramente los yugos en uso fueron objeto de un mantenimiento continuo en el que no se tuvo mucho cuidado en el elemento como objeto patrimonial. Cuando alguna parte estaba en mal estado se sustituía, y cuando había que darles una mano de pintura, se daba, sin mucho cuidado ni discriminación por lo que se desprende de los goteos y salpicaduras.



La oxidación de los herrajes ha producido también tinción sobre la superficie.

Alteraciones existentes en el soporte del yugo detectadas en el examen organoléptico realizado:

La madera que constituye la estructura del yugo se encuentra en un estado de conservación aceptable. La principal alteración que presenta es el ataque biológico y se puede considerar como moderado. Se observan orificios de insectos xilófagos principalmente en las caras interiores. Se detectan dos tipos de orificios: de *Hylotrupes bajulus* y de *Anobium punctatum*. Los orificios y galerías de mayor tamaño que se



observan son de entorno a los +-8mm por lo que se trata de un ataque de *Hylotrupes bajulus*. El otro ataque, de menor intensidad y más moderado, por los tamaños de los orificios de salida, de entorno a los 2mm es de *Anobium punctatum* (carcoma común) pertenece al orden de los coleópteros (escarabajos), el más numeroso de la clase de los insectos, y dentro de este a la familia de los Anóbidos (para una explicación más extensa ver la descripción del apartado de n'Eloi).

La acción continuada de la carcoma en la madera altera sus propiedades físicas. La gran cantidad de galerías que pueden llegar a excavar debilita la madera de tal manera que es fácil que sea extremadamente frágil o, en casos extremos, llegue a desaparecer. Aunque en el caso que nos ocupa el ataque como hemos dicho es moderado.

Por el color del serrín que se halla en el interior de las galerías no parece que los ataques sean recientes. Al ser el soporte de madera de encina, y por tanto, de una gran dureza, el ataque

biològic no ha alterado significativamente la consistencia de los elementos de una forma generalizada.

En zonas puntuales cercanas a las aristas existen algunas zonas debilitadas por los ataques de los insectos xilófagos y esto unido a efectos de origen antrópico (en el traslado de los yugos cuando se sustituyeron por los metálicos) ha desembocado en pérdidas de volumen pero siempre poco significativas.

De forma puntual encontramos fendas de secado que por su disposición y características no representan un problema para la estructura de ninguna de las piezas que conforman el yugo.

Alteraciones existentes en los herrajes detectadas en el examen organoléptico realizado:

Las piezas metálicas que forman parte del yugo uniendo las piezas de madera presentan una oxidación superficial moderada. En ningún caso se aprecia exfoliación por lo que la oxidación no representa una alteración significativa. En los herrajes se observan a nivel superficial y de forma residual restos de pintura (de color negro), de minio de plomo (de color naranja) e incluso de color gris, color con el que se fueron pintando la mayoría de los yugos.



La alteración más significativa que presentan algunos de los herrajes es que están seccionados. Todo apunta que en el momento de sustituir los yugos de madera por los metálicos se cortaron algunos de ellos por la altura de la rosca para facilitar su desmontaje (seguramente el óxido dificultó que las tuercas salieran y se optó por cortarlas con seguetas).

La mayoría de los herrajes se conservan (con cortes algunos y enteros otros). Faltan algunas de las sujeciones metálicas que unían los herrajes a los bloques de madera. Otros, como en la foto, están deformados.

La intervención sobre el bronce de la campana *in situ* (propuesta de limpieza y estabilización):

El estado de conservación de esta campana hace necesario que se lleve a cabo una intervención más profunda sobre el bronce que la prevista inicialmente (con el criterio de mínima intervención) a tenor de las alteraciones detectadas y a la necesidad de su estabilización para asegurar su correcta conservación.

La propuesta prioriza en este caso la conservación material del objeto frente a la recuperación del sonido del mismo (por los riesgos a los que se verían expuestas las epigrafías en las zonas que presentan alteración). Los ejes en los que se articula la intervención son: limpieza, estabilización y protección. Se descartan en este momento reposiciones de volumen.

Esquema de tratamiento del bronce que se propone:

1. Registro fotográfico y videográfico previo y de todos los procesos.
2. Estudio y caracterización de materiales constitutivos y productos de corrosión (ver el estudio de los materiales anexo).
3. Estudio del estado de conservación y determinación de las causas de deterioro de las campanas.
4. Aplicación de las fases secuenciales de limpieza.
5. Aplicación de Inhibición – pasivación y protecciones anticorrosivas.
6. Aplicación de películas protectoras.

Desarrollo del esquema de tratamiento del bronce que se propone:

1. Registro fotográfico y videográfico previo y de todos los procesos.

Como primera precaución antes de cualquier manipulación se realizará una exhaustiva documentación gráfica, videográfica, fotográfica de conjunto y de detalle. Este tipo de documentación, que el IPCE considera preceptiva, se completará con el escaneado de la campana para contar así con un registro tridimensional del objeto.

2. Estudio y caracterización de materiales constitutivos y productos de corrosión (ver el estudio de los materiales anexo). La realización de la extensa batería de análisis ha permitido caracterizar los depósitos y productos de alteración. La puntual extracción de muestras para determinar el estado de los sustratos metálicos, realizados por el Area de

Investigación del IPCE, han resultado también fundamentales a la hora de determinar con precisión la metodología de trabajo.

Mayoritariamente la capa de corrosión está compuesta por capas de yeso con adherencias terrosas, entre las que aparecen diseminadas profundas picaduras de cloruros. Conservan núcleo de metal sano, en el que aparecen microfisuras producidas por procesos corrosivos de tipo bajo tensión, sobre el metal sano una densa capa de óxidos de cobre (cuprita) y sobre esta cloruros y carbonatos. Esta película tiene un grosor que oscila, según los puntos tomados en el muestreo, entre 2 y 5 mm.

En los laboratorios del IPCE se han sometido las muestras a un calentamiento de 750°. Se trata de una temperatura superior a la prevista en el proceso de restauración, de unos 400°. Se observa una fuerte contracción y se incrementa la separación de la capa de corrosión. Aparece una superficie del núcleo metálico mucho más rugosa, y proclive a la corrosión. Además las fases cristalinas del metal se transforman, modificándose características esenciales como la sonoridad.

La pérdida de la capa de corrosión en las campanas góticas, sin duda repercutiría en el adelgazamiento de las inscripciones, tratándose de bajorrelieves. Pero un metal expuesto a una atmosfera urbana marina tan agresiva (sales en suspensión, deposiciones de partículas, aerosoles, gases contaminantes y corrosivos) necesita de la aplicación de un tratamiento de estabilización y protección en las superficies, que garantice su estabilidad y minimice los procesos corrosivos que están en marcha en las campanas.

3. Estudio del estado de conservación y determinación de las causas de deterioro de las campanas⁶. Causas de deterioro: El elemento en cuestión es de bronce que tiene como componente mayoritario el cobre (ver proporciones de su composición en los estudios de SGS). Las campanas se localizan en el campanario de la catedral, a escasos metros del mar y a diferentes atmosféricos. El metal expuesto a una atmosfera urbana marina tan agresiva (sales en suspensión, deposiciones de partículas, aerosoles, gases contaminantes y corrosivos), después de la oxidación inicial propia del metal en contacto con el oxígeno, pasa a reaccionar con los agentes atmosféricos a los que está expuesto generando diferentes productos de corrosión en forma de picaduras que van creciendo hasta formar pequeñas áreas que tienden a desprenderse por exfoliación dejando como resultado lagunas de diferente consideración.

Las causas de deterioro, que afectan a todas las campanas en mayor o menor medida, son fruto de la reacción del material que las constituye con el medio en el que se encuentran. Desde un punto de vista global afirmamos que aunque la campana presenta alteraciones en un grosor de entre 2 y 5 mm su estado de conservación es bastante bueno, a tenor de

⁶ Criterios generales y metodología marcados por el Plan Nacional de Catedrales, apartados C y D
Carta de La Valetta 2011

los siete siglos de antigüedad del elemento y a las condiciones a las que ha sido expuesto durante todo este tiempo, aunque es importante minimizar los procesos de alteración para minimizar los procesos corrosivos que están en marcha y mejorar así sus condiciones de conservación.

4. Aplicación de las fases secuenciales de limpieza. Es necesario llevar a cabo una intervención de limpieza que sea capaz de eliminar los productos de corrosión que se encuentran en la superficie de la campana y que la están alterando sin dañar el soporte ni las pátinas no perjudiciales de la campana.

La composición y estado de conservación del sustrato metálico y la caracterización de los productos de corrosión con las películas de yeso, condicionan el sistema de limpieza a utilizar. Dadas las características del soporte y de los depósitos a eliminar consideramos que los mejores resultados se obtendrán con sistemas mecánicos en seco.

Primero se realizará una aspiración general con cepillado suave de la superficie, para eliminar el polvo y suciedad depositadas.

La limpieza se realizará de manera mecánica en seco, tratando de eliminar las capas más gruesas de los depósitos de yeso. En caso necesario se reblandecerán con apósitos de algodón hidrófilo impregnados en una disolución de agua destilada con alcohol etílico al 50%.

El proceso de limpieza en sí se realizará con microabrasímetro (no con chorro) con carga inerte (en principio microesferas de vidrio de tamaño impalpable) aplicadas con la presión e inclinación precisas para eliminar películas de adherencias terrosas. Pueden probarse otras cargas abrasivas con diferentes durezas (pero siempre las más suaves), como las vegetales o las plásticas.

Si fuese necesario, se utilizarán micromotores con fresas de caucho y copas de cerdas naturales.

Se valorará la limpieza con láser en las zonas de las capas adheridas más gruesas. Láser de Nd-Yag (1064 nm) por fotoablación, aplicando la energía y frecuencia de radiación que se determinen en las pruebas previas como adecuadas. En caso necesario, se pulverizará previamente la zona a tratar con nebulización de agua destilada.

Tras ajustar los parámetros de limpieza con la realización de pruebas previas, y la elección del sistema más efectivo se empezará con la limpieza aplicando los tratamientos desde la parte más alta de manera ordenada hasta su conclusión tanto por el exterior como por el interior. El proceso de limpieza concluirá con la aplicación a brocha de alcohol en superficie (etílico o mezcla tipo mostanol) para desengrasar y secar la superficie, preparándola así para la protección.

5. Aplicación de Inhibición – pasivación y protecciones anticorrosivas.

La superficie del bronce una vez tratada y seca, se inhibirá con una doble capa de inhibición química AMT y BTA diluida al 1 % la primera y 3% la segunda en solución hidroalcohólica 1:1, aplicada a brocha. El sistema operativo secuencial es la aplicación del un primer inhibidor y tras el secado y limpieza en seco de los residuos producidos, la aplicación del siguiente.

6. Aplicación de películas protectoras: Para asegurar una correcta protección del bronce se considera necesario un sellado superficial con películas de resina sintética tipo Inralac, al menos tres capas, en disoluciones con concentraciones progresivas, la primera la menos para facilitar su penetración, al 10% en xileno o similar, la 2ª al 15% y la tercera entre el 20-30 %, en disolvente volátil (acetona). Aplicados a brocha, con sistema operativo secuencial, aplicación de una primera película y tras su secado la aplicación de la siguiente hasta concluir el proceso.

En función de la evaluación del trabajo, y el aspecto final, se considerará aplicar otra capa más de resina con similar concentración de la última, o/y añadir una película hidrófuga de cera microcristalina disuelta en white-spirit de dureza alta.

La intervención prevista en el yugo.

Como hemos apuntado anteriormente el fin primordial del proyecto en cuanto a las campanas es devolverle su sonido, y para ello hay que recuperar todas las partes originales. Es por ello que se sustituirá el yugo metálico actual instalado en un pasado reciente, recolocando el de madera que hasta ahora permanecía en el campanario en la "sala de los yugos".

El criterio marcado para la conservación de estos elementos es el de mínima intervención. Se conservarán todas las partes posibles con sus respectivos acabados y recubrimientos para conservar al máximo su autenticidad, sin perder de vista por ello que a la vez que elementos de valor patrimonial se trata de elementos funcionales que están sujetos al fin último de contribuir a la recuperación del sonido de las campanas y que deben reunir los requisitos de funcionalidad y seguridad preceptivos.

Para la restauración de estos elementos se propone seguir los siguientes puntos:

1. Limpieza de la suciedad superficial mediante aspirador y brocha para poder comprobar si existen restos de recubrimientos.

2. Limpieza de depósitos de polvo adheridos con soluciones de agua desionizada-alcohol etílico (50%). Para las inscripciones comprobación previa de solubilidad (se trata de una pintura-esmalte al aceite).
3. De forma física se retirarán las concreciones de grasa presentes realizando un tratamiento posterior con tensoactivos en la parte de los ejes que ha ido acumulando una mezcla de polvo y grasa.
4. Tratamiento de desinsectación mediante inyección de insecticida-fungicida a base de permetrina (0,7%) y propiconazol (1,2%) agujero por agujero.
5. Desmontaje de los elementos metálicos para su tratamiento.
6. Limpieza de los elementos metálicos. Limpieza de los depósitos de óxido mediante cepillado superficial con cepillos de fibra de vidrio. Eliminación de recubrimientos modernos (restos de minio) con disolventes aromáticos y de forma física con escalpelo así como restos de grasa con soluciones de agua hidrocarburos alifáticos y tensoactivos.
7. Tratamiento pasivador de los elementos metálicos mediante aplicación de una solución de ácido tánico y posterior retirada de depósitos sobrantes con humectación de hisopos con agua desionizada.
8. Tratamiento protector de los elementos de hierro mediante aplicación de resina acrílica (Paraloid B-44) en disolvente aromático al 5%.
9. Reparación funcional de los elementos metálicos seccionados. El carácter funcional de estos elementos obliga a su exhaustiva revisión. Los elementos seccionados se recuperarán mediante soldadura si ésta garantiza la seguridad de la campana. Por ello se realizarán trabajos de rebaje de la parte seccionada original con injertos del mismo material consiguiendo soldaduras lineales que trabajen correctamente a tracción para asegurar su funcionalidad. De forma puntual y justificada se podrá realizar una réplica (como estaba previsto en el proyecto inicial) de alguno de los herrajes si la opción anterior no se considerara segura. En la inspección realizada hasta la fecha parece que la totalidad de los herrajes podrán ser recuperados. Para verificar que esto es así se realizarán pruebas de soldadura con las comprobaciones y verificaciones oportunas.
10. Realización de injertos con madera de las mismas características y con resina epoxídica específica para madera para la recuperación de las pérdidas más importantes que incidan en su funcionalidad (esta intervención puede considerarse como anecdótica).
11. Tratamiento protector de la madera mediante aplicación de capa de protección a base de resina acrílica (Paraloid B-72) en disolvente aromático en una aplicación al 5%.
12. Posteriormente se procederá al montaje del yugo a la campana para su posterior izado y recolocación en el campanario.

La mecanización de la campana:

Para la automatización de las campanas están previstas las siguientes intervenciones:

Se instalará el sistema de bandeo/volteo electrónico 'CAMPA MOVOTRON', que imita el bandear/voltear manual por medio de un sistema de regulación y feedback muy preciso, que manda los motores eléctricos.

El sistema consiste en una forma de automatización 'suave', que no daña a las campanas y que garantiza el bandear/voltear con calidad. La instalación se complementará con la capacitación de instaladores locales para posibilitar el servicio y mantenimiento local.

La instalación permitirá la desconexión del sistema para tocar manualmente las campanas en momentos específicos, de acuerdo con la prescripción octava de la CIPH.

-Adaptación de los ejes de hierro cuadrado, para el acoplamiento del yugo de madera a los rodamientos para el soporte y bandeo de la campana.

-Montaje del yugo de madera sobre la campana.

-Colocación de refuerzos en la vigas de madera para el soporte de los rodamientos de las campanas.

-Instalación de Rueda metálica circular para el uso del balanceo mediante el motor eléctrico.

-Equilibrio de la campana en vertical.

-Instalación de un motor eléctrico, controlado electrónicamente el bandeo y boca arriba de la campana ajustado a su peso.

-Instalación de un electro martillo metálico para el repique de la campana.

1.3.6. Campana de senyals 2

Fundició any 1312

Diàmetre 42 cm

Peso aproximado 150 Kg



Campana de senyals 2

Descripción del objeto:

El bronce:

Materia: El vaso está realizado en fundición de bronce.

Dimensiones: El diámetro de la campana es de 420 mm y su altura es de 420 mm.

Peso: Peso estimado 150 kg.

Esta campana, junto con la otra de señales se encuentra fuera del campanario, en la espadaña sobre las terrazas de Catedral. Como parte de la documentación de la campana se aportan fotografías adicionales generales y de detalle.

Presenta inscripciones epigráficas.

Esta campana al necesitar un tratamiento especial se desmontará para ser llevada a taller.

El badajo:

Presenta un badajo de hierro dulce fijado a la campana con tornillos y pletinas modernas.

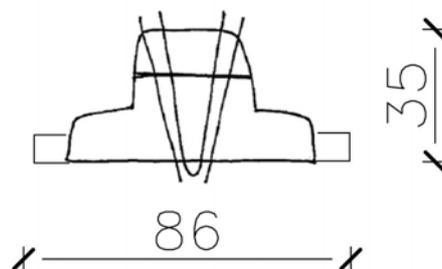
El yugo:

Materia: El yugo está constituido por madera de encina escuadrada pero sin salir de la forma muy simple. Cuenta con herrajes metálicos o abarcones en este caso dobles pero muy simples que sirven para sujetar la campana al yugo.

Dimensiones: Está formado por dos piezas de madera que conforman un bloque de las siguientes dimensiones: ancho superior 40 cms, ancho inferior (con eje) 86 cms, alto 35 cms y 15 cms de grosor.

Revestimientos: La melena no presenta revestimiento (pintura) de ningún tipo.

Decoraciones-inscripciones: No presenta.



Estado de conservación del objeto:

El bronce:

Alteraciones detectadas en el examen organoléptico realizado:

-Depósitos superficiales y adheridos: Al estar a la intemperie no presenta depósitos superficiales importantes. En cambio sí presenta depósitos adheridos fruto de la reacción del bronce con los agentes atmosféricos que cubren la totalidad de la parte exterior de la campana.

-Pérdidas de volumen: No presenta pérdidas de volumen pero si se detecta una grieta que se traduce en una pérdida de la calidad del sonido y a la larga irá aumentando de volumen pudiendo llegar a romperse.

-Adición de elementos impropios: No presenta

El badajo:

Como hemos apuntado la sujeción del badajo a la campana no ofrece las garantías necesarias para su seguridad. Al mismo tiempo no está colocado con la precisión debida, lo que ha producido el desgaste localizado del bronce. Los badajos son elementos funcionales que se han ido sustituyendo a lo largo de los años, cuando su desgaste heterogéneo incidía negativamente en el sonido y en la conservación de la campana y cuando simplemente por el uso se aceraban tornándose más rígidos.

El yugo:

Alteraciones superficiales detectadas en el examen organoléptico realizado:

-Depósitos superficiales y adheridos: Las diferentes partes que conforman el yugo presentan depósitos de polvo adherido. De forma localizada encontramos importantes depósitos de restos de grasa y polvo apelmazado en la parte que corresponde a los ejes, fruto del engrasado paulatino de los ejes.

La oxidación de los herrajes ha producido también tinción sobre la superficie.

Alteraciones existentes en el soporte del yugo detectadas en el examen organoléptico realizado:

La madera que constituye la estructura del yugo se encuentra en un estado de conservación aceptable, básicamente la madera de encuentra seca y deshidratada al haber permanecido a la intemperie sin mantenimiento.

No presenta ataques significativos de insectos xilófagos.

De forma puntual encontramos fendas de secado que por su disposición y características no representan un problema para la estructura de ninguna de las piezas que conforman el yugo.

Alteraciones existentes en los herrajes detectadas en el examen organoléptico realizado:

Las piezas metálicas que forman parte del yugo uniendo las piezas de madera presentan una oxidación superficial moderada. En ningún caso se aprecia exfoliación por lo que la oxidación no representa una alteración significativa.

Criterios de intervención (en taller de restauración)

La intervención prevista en los broncees (esta campana se debe trasladar al taller).

-Limpieza de depósitos: En esta campana no están previstas *a priori* actuaciones de limpieza de depósitos.

-Recuperación de volúmenes: La recuperación de la discontinuidad de la grieta es primordial para la recuperación del sonido de la campana y para recuperar la estabilidad y garantizar la seguridad de la campana. Las intervenciones que hay que realizar en los broncees para tratar las grietas existentes (visibles o no en un primer examen) se llevan a cabo en el interior de un horno mediante soldadura autógena con la aportación o no de material (bronce de las mismas características). Es lo que viene a llamarse el método Lachenmeyer. Una vez eliminadas las fijaciones de acero añadidas se introduce el bronce en el horno que se va calentando lentamente y de forma uniforme hasta alcanzar una temperatura de cerca de 400°C. La duración de este proceso depende de la aleación, del tamaño y el grosor de la campana. A partir de ese momento es cuando se pueden realizar las tareas de recuperación de volúmenes perdidos y cuando se pueden detectar grietas antes imperceptibles así como las ya evidentes. En el horno el lento proceso de calentado paulatino produce también un efecto de recocido en la campana haciéndole recuperar la cohesión al material y por tanto su resonancia y sonoridad. Esta operación no se puede llevar a cabo con garantías fuera del horno y con un control exhaustivo de la temperatura durante todo el proceso.

Para realizar estas operaciones descritas en horno se debe contar con un especialista y el que tiene mayor experiencia, como lo demuestra su extenso currículum, es Lachenmeyer. El equipo multidisciplinar, el contratista y los diferentes agentes involucrados en la restauración de las campanas coinciden en que el tratamiento a realizar en los broncees para recuperar el sonido original del conjunto de campanas de la Seu pasa por su tratamiento con el método de Lachenmeyer en el taller de Nördlingen.

La intervención prevista en el badajo.

El badajo es otro elemento que modifica el timbre, ya que según el metal que sea, tiende a reforzar unos u otros armónicos, con resultados bien distintos. El badajo es de hierro dulce, pasado por la fragua y dejado enfriar lentamente para que no se acere y gane en dureza y por tanto en peligrosidad. Incluso, hace un par de siglos, los badajos de las campanas gordas, que seguramente tocaban menos que ahora, eran llevados cada dos o tres años al herrero, aunque

estuviesen bien en apariencia, para reducir la resistencia del metal, endurecido a base de los repetidos golpes sobre la campana.

Los badajos estaban también aislados acústicamente de las campanas, mediante complicados atados, con cuerdas, con cuero o incluso intercalando pedazos de madera, de modo que el sonido de unos y otras no se interfiriese.

Por lo expresado anteriormente es preceptiva la sustitución de la badajera en material compatible, realizándola en acero inoxidable W.NR.1.4401. La intervención prevé la instalación de un nuevo badajo fabricado en hierro F1 pintado de color negro, con asa de sujeción, correa de cuero y cable de seguridad.

La intervención prevista en el yugo.

Para la restauración de este elemento se propone seguir los siguientes puntos:

1. Limpieza de la suciedad superficial mediante aspirador y brocha para poder comprobar si existen restos de recubrimientos.
2. Limpieza de depósitos de polvo adheridos con soluciones de agua desionizada-alcohol etílico.
3. De forma física se retirarán las concreciones de grasa presentes realizando un tratamiento posterior con tensoactivos en la parte de los ejes que ha ido acumulando una mezcla de polvo y grasa.
4. Tratamiento preventivo para insectos y hongos xilófagos mediante aplicación de insecticida-fungicida a base de permetrina (0,7%) y propiconazol (1,2%).
5. Limpieza de los elementos metálicos. Limpieza de los depósitos de óxido mediante cepillado superficial con cepillos de fibra de vidrio.
6. Tratamiento pasivador de los elementos metálicos mediante aplicación de una solución de ácido tánico y posterior retirada de depósitos sobrantes con humectación de hisopos con agua desionizada.
7. Tratamiento protector de los elementos de hierro mediante aplicación de resina acrílica (Paraloid B-44) en disolvente aromático al 5%.
8. Tratamiento hidratante de la madera con aceite de linaza.
9. Tratamiento protector de la madera (previo secado del tratamiento hidratante) y aplicación de capa de protección a base de resina acrílica (Paraloid B-72) en disolvente aromático en una aplicación al 5%.

La mecanización de la campana:

Esta campana no va a ser mecanizada. Su uso seguirá siendo manual, dadas sus características especiales.

Están previstas las siguientes intervenciones:

- Adaptación de los ejes de hierro cuadrado, para el acoplamiento del yugo de madera a los rodamientos para el soporte y bandeo de la campana.
- Montaje del yugo de madera sobre la campana.

1.3.7. Na Tèrcia

Fundició año	1991
Diámetro	90 cm
Peso aproximado	422 Kg



Na Tercia

Descripción del objeto:

El bronce:

Materia: El vaso está realizado en fundición de bronce.

Dimensiones: El diámetro de la campana es de 900 mm y su altura es de 700 mm.

Peso: Peso estimado 422 kg.

Se trata de una réplica realizada en 1991 de la original gótica. Como parte de la documentación de la campana se aportan fotografías adicionales generales y de detalle así como el calco de las epigrafías que presenta.

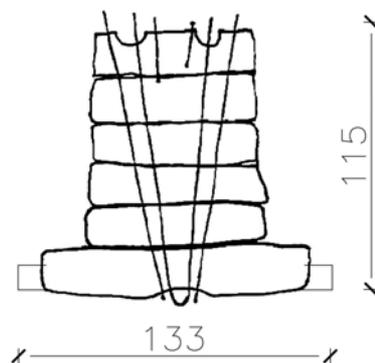
En la actualidad presenta un yugo metálico instalado a mediados del siglo XX que será sustituido por otro, de madera, más antiguo. El yugo metálico incide negativamente en la sonoridad de la campana.

El badajo:

Presenta un badajo de hierro dulce fijado a la campana con tornillos y pletinas modernas.

El yugo:

Materia: El yugo está constituido por madera de encina escuadrada pero sin salir de la forma muy simple. Cuenta con herrajes metálicos que sirven para sujetar la campana al yugo. Una de las sujeciones atraviesa en sentido longitudinal el yugo mientras que dos pares más por cara lo hacen exteriormente pasando a través de unas fijaciones metálicas clavadas a la madera.



Dimensiones: Está formado por seis piezas de madera que conforman un bloque de las siguientes dimensiones: ancho superior 90 cms, ancho inferior (con eje) 133 cms, alto 115 cms y 20 cms de grosor.

Revestimientos: La melena presenta dos revestimientos (pintura) de color gris. Tipo esmalte la viga inferior y de cal en el resto. Como suele suceder la pintura cubre la madera menos donde van los herrajes lo que demuestra que fue pintado una vez montado.

Decoraciones-inscripciones: Presenta una inscripción en la primera viga (empezando por abajo), pintada en color negro, en mayúsculas y en una tipografía de aire modernista sobre el revestimiento de color gris que reza "CAMPANA TERCIA".

Otros: Presenta en la parte superior las marcas de dos piezas de plomo embutidas en la pieza superior y de forma semicilíndrica actualmente inexistentes.

En la pieza inferior, de apariencia más moderna y con revestimiento también de color gris pero de tipo esmalte encontramos en la cara superior una inscripción incisa que reza "AÑO -- 1911" lo que podría indicar que se trata de una pieza más nueva que las otras.



Estado de conservación del objeto:

El bronce:

Alteraciones detectadas en el examen organoléptico realizado:

-Depósitos superficiales y adheridos: La campana presenta depósitos de polvo adherido que cubre la totalidad de la parte exterior de la campana.

-Pérdidas de volumen: No presenta pérdidas de volumen.

-Adición de elementos impropios: No presenta.

El badajo:

La sujeción del badajo a la campana no ofrece las garantías necesarias para su seguridad. Al mismo tiempo no está colocado con la precisión debida, lo que producirá el desgaste localizado del bronce. Los badajos son elementos funcionales que se han ido sustituyendo a lo largo de los años, cuando su desgaste heterogéneo incidía negativamente en el sonido y en la conservación de la campana y cuando simplemente por el uso se aceraban tornándose más rígidos.

El yugo:

Alteraciones superficiales detectadas en el examen organoléptico realizado:

-Depósitos superficiales y adheridos: Las diferentes partes que conforman el yugo presentan depósitos de polvo adherido que cubre la totalidad de la parte exterior de la campana. La gran cantidad de suciedad superficial es debida a que se han colocado en su ubicación actual sin ningún tipo de protección ni mantenimiento. De forma localizada encontramos importantes depósitos de restos de grasa y polvo apelmazado en la parte que corresponde a los ejes, fruto del engrasado paulatino de los ejes. De entre los diferentes depósitos presentes hay que mencionar algunos restos poco importantes de pintura negra usada en el repintado de los herrajes e incluso de minio. Cabe mencionar que seguramente los yugos en uso fueron objeto de un mantenimiento continuo en el que no se tuvo mucho cuidado en el elemento como objeto patrimonial. Cuando alguna parte estaba en mal estado se sustituía, y cuando había que darles una mano de pintura, se daba, sin mucho cuidado ni discriminación por lo que se desprende de los goteos y salpicaduras.

La oxidación de los herrajes ha producido también tinción sobre la superficie.

Alteraciones existentes en el soporte del yugo detectadas en el examen organoléptico realizado:

La madera que constituye la estructura del yugo se encuentra en un estado de conservación regular. La principal alteración que presenta es el ataque biológico y se puede considerar como moderado. Se observan orificios de insectos xilófagos principalmente en las caras



interiores. Se detectan dos tipos de orificios: de *Hylotrupes bajulus* y de *Anobium punctatum*. Los orificios y galerías de mayor tamaño que se observan son de entorno a los ± 8 mm por lo que se trata de un ataque de *Hylotrupes bajulus*. El otro ataque, de menor intensidad y más moderado, por los tamaños de los orificios de salida, de entorno a los 2mm es de *Anobium punctatum* (carcoma común) pertenece al orden de los coleópteros (escarabajos), el más numeroso de la clase de los insectos, y dentro de este a la familia de los Anóbidos (para una explicación más extensa ver la descripción del apartado de n'Eloi).

La acció continuada de la carcoma en la madera altera sus propietades físiques. La gran quantitat de galerías que poden llegar a excavar debilita la madera de tal manera que es fàcil que sea extremadament fràgil o, en casos extremes, llegue a desaparèixer. Aunq ue en el casop que nos ocupa el atacue como hemos dicho es moderado.

Por el color del serrín que se halla en el interior de las galerías no parece que los ataques sean recientes. Al ser el soporte de madera de encina, y por tanto, de una gran dureza, el ataque biológico no ha alterado significativamente la consistencia de los elementos de una forma generalizada.

En zonas puntuales cercanas a las aristas existen algunas zonas debilitadas por los ataques de los insectos xilófagos y esto unido a efectos de origen antrópico (en el traslado de los yugos cuando se sustituyeron por los metálicos) ha desembocado en pérdidas de volumen pero siempre poco significativas.

De forma puntual encontramos fendas de secado que por su disposición y características no representan un problema para la estructura de ninguna de las piezas que conforman el yugo.

Alteraciones existentes en los herrajes detectadas en el examen organoléptico realizado:

Las piezas metálicas que forman parte del yugo uniendo las piezas de madera presentan una oxidación superficial moderada. En ningún caso se aprecia exfoliación por lo que la oxidación no representa una alteración significativa. En los herrajes se observan a nivel superficial y de forma residual restos de pintura (de color negro), de minio de plomo (de color naranja) e incluso de color gris, color con el que se fueron pintando la mayoría de los yugos.

La alteración más significativa que presentan algunos de los herrajes es que están seccionados. Todo apunta que en el momento de sustituir los yugos de madera por los metálicos se cortaron algunos de ellos por la altura de la rosca para facilitar su desmontaje (seguramente el óxido dificultó que las tuercas salieran y se optó por cortarlas con seguetas).



La mayoría de los herrajes se conservan (con cortes algunos y enteros otros). Faltan algunas de las sujeciones metálicas que unían los herrajes a los bloques de madera. Otros, como en la foto, están deformados.

Criterios de intervenció (in situ)

La intervenció prevista en el bronze (esta campana se va a tratar in situ).

-Limpieza de depósitos: En esta campana están previstas únicamente actuaciones de limpieza de depósitos superficiales. La limpieza se realizará únicamente con cepillos de cerdas suaves para retirar el polvo sin alterar la pátina existente de sales de cobre (malaquita).

-Recuperación de volúmenes: No se realizarán tareas de recuperación de volúmenes.

La intervenció prevista en el badajo.

El badajo es un elemento que modifica el timbre, ya que según el metal que sea, tiende a reforzar unos u otros armónicos, con resultados bien distintos. El badajo es de hierro dulce, pasado por la fragua y dejado enfriar lentamente para que no se acere y gane en dureza y por tanto en peligrosidad. Incluso, hace un par de siglos, los badajos de las campanas gordas, que seguramente tocaban menos que ahora, eran llevados cada dos o tres años al herrero, aunque estuviesen bien en apariencia, para reducir la resistencia del metal, endurecido a base de los repetidos golpes sobre la campana.

Los badajos estaban también aislados acústicamente de las campanas, mediante complicados atados, con cuerdas, con cuero o incluso intercalando pedazos de madera, de modo que el sonido de unos y otras no se interfiriese.

Por lo expresado anteriormente es preceptiva la sustitución de la badajera en material compatible, realizándola en acero inoxidable W.NR.1.4401. La intervención prevé la instalación de un nuevo badajo fabricado en hierro F1 pintado de color negro, con asa de sujeción, correa de cuero y cable de seguridad.

La intervenció prevista en el yugo.

Como hemos apuntado anteriormente el fin primordial del proyecto en cuanto a las campanas es devolverle su sonido, y para ello hay que recuperar todas las partes originales. Es por ello que se sustituirá el yugo metálico actual instalado en un pasado reciente, recolocando el de madera que hasta ahora permanecía en el campanario en la "sala de los yugos".

El criterio marcado para la conservación de estos elementos es el de mínima intervención. Se conservarán todas las partes posibles con sus respectivos acabados y recubrimientos para

conservar al máximo su autenticidad, sin perder de vista por ello que a la vez que elementos de valor patrimonial se trata de elementos funcionales que están sujetos al fin último de contribuir a la recuperación del sonido de las campanas y que deben reunir los requisitos de funcionalidad y seguridad preceptivos.

Para la restauración de estos elementos se propone seguir los siguientes puntos:

1. Limpieza de la suciedad superficial mediante aspirador y brocha para poder comprobar si existen restos de recubrimientos.
2. Limpieza de depósitos de polvo adheridos con soluciones de agua desionizada-alcohol etílico (50%) previa comprobación de solubilidad (se trata de una pintura a la cal). Lo mismo para las inscripciones que presenta.
3. De forma física se retirarán las concreciones de grasa presentes realizando un tratamiento posterior con tensoactivos en la parte de los ejes que ha ido acumulando una mezcla de polvo y grasa.
4. Tratamiento de desinsectación mediante inyección de insecticida-fungicida a base de permetrina (0,7%) y propiconazol (1,2%) agujero por agujero.
5. Desmontaje de los elementos metálicos para su tratamiento.
6. Limpieza de los elementos metálicos. Limpieza de los depósitos de óxido mediante cepillado superficial con cepillos de fibra de vidrio. Eliminación de recubrimientos modernos (restos de minio) con disolventes aromáticos y de forma física con escalpelo así como restos de grasa con soluciones de agua hidrocarburos alifáticos y tensoactivos.
7. Tratamiento pasivador de los elementos metálicos mediante aplicación de una solución de ácido tánico y posterior retirada de depósitos sobrantes con humectación de hisopos con agua desionizada.
8. Tratamiento protector de los elementos de hierro mediante aplicación de resina acrílica (Paraloid B-44) en disolvente aromático al 5%.
9. Reparación funcional de los elementos metálicos seccionados. El carácter funcional de estos elementos obliga a su exhaustiva revisión. Los elementos seccionados se recuperarán mediante soldadura si ésta garantiza la seguridad de la campana. Por ello se realizarán trabajos de rebaje de la parte seccionada original con injertos del mismo material consiguiendo soldaduras lineales que trabajen correctamente a tracción para asegurar su funcionalidad. De forma puntual y justificada de podrá realizar una réplica (como estaba previsto en el proyecto inicial) de alguno de los herrajes si la opción anterior no se considerara segura. En la inspección realizada hasta la fecha parece que la totalidad de los herrajes podrán ser recuperados. Para verificar que esto es así se realizarán pruebas de soldadura con las comprobaciones y verificaciones oportunas.

10. Realización de injertos con madera de las mismas características y con resina epoxídica específica para madera para la recuperación de las pérdidas más importantes que incidan en su funcionalidad (esta intervención puede considerarse como anecdótica).

11. Tratamiento protector de la madera y revestimiento mediante aplicación de resina acrílica (Paraloid B-72) en disolvente aromático en una aplicación al 5%.

12. Posteriormente se procederá al montaje del yugo a la campana para su posterior izado y recolocación en el campanario.

La mecanización de la campana:

Para la automatización de las campanas están previstas las siguientes intervenciones:

Se instalará el sistema de bandeo/volteo electrónico 'CAMPA MOVOTRON', que imita el bandear/voltear manual por medio de un sistema de regulación y feedback muy preciso, que manda los motores eléctricos.

El sistema consiste en una forma de automatización 'suave', que no daña a las campanas y que garantiza el bandear/voltear con calidad. La instalación se complementará con la capacitación de instaladores locales para posibilitar el servicio y mantenimiento local.

La instalación permitirá la desconexión del sistema para tocar manualmente las campanas en momentos específicos, de acuerdo con la prescripción octava de la CIPH.

-Adaptación de los ejes de hierro cuadrado, para el acoplamiento del yugo de madera a los rodamientos para el soporte y bandeo de la campana.

-Montaje del yugo de madera sobre la campana.

-Colocación de refuerzos en las vigas de madera para el soporte de los rodamientos de las campanas.

-Instalación de Rueda metálica circular para el uso del balanceo mediante el motor eléctrico.

-Equilibrio de la campana en vertical.

-Instalación de un motor eléctrico, controlado electrónicamente el bandeo y boca arriba de la campana ajustado a su peso.

-Instalación de un electro martillo metálico para el repique de la campana.

1.3.8. Na Nova, Maria Concepció o En Pizà

Fundició año	1769
Diámetro	105 cm
Peso aproximado	670 Kg



Sa Nova

Descripción del objeto:

El bronce:

Materia: El vaso está realizado en fundición de bronce.

Dimensiones: El diámetro de la campana es de 1050 mm y su altura es de 880 mm.

Peso: Peso estimado 670 kg.

Fundidor: CARDELL, Joan y MATTIZ, Juan.

Inscripciones: Se ha realizado un calco de las epigrafías que se adjunta como anexo.

Como parte de la documentación de la campana se aportan fotografías adicionales generales y de detalle así como el calco de las epigrafías que presenta.

En la actualidad presenta un yugo metálico instalado a mediados del siglo XX que será sustituido por otro, de madera, más antiguo. el yugo metálico incide negativamente en la sonoridad de la campana.

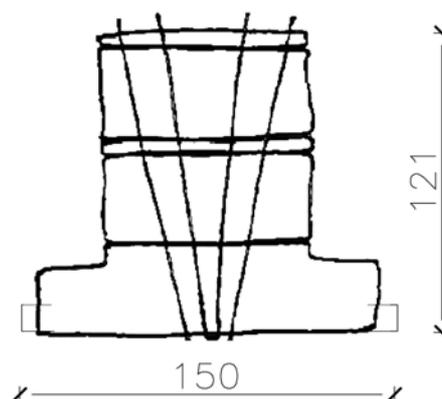
El badajo:

Presenta un badajo de hierro dulce fijado a la campana con tornillos y pletinas modernas.

El yugo:

Materia: El yugo está constituido por madera de encina muy bien escuadrada pero sin salir de la forma muy simple. Cuenta con herrajes metálicos que sirven para sujetar la campana al yugo. Una de las sujeciones atraviesa en sentido longitudinal el yugo mientras que dos pares más por cara lo hacen exteriormente pasando a través de unas fijaciones metálicas clavadas a la madera.

Dimensiones: Está formado por cinco piezas de madera que conforman un bloque de las siguientes



dimensiones: ancho superior 90 cms, ancho inferior (con eje) 150 cms, alto 121 cms y 21 de grosor cms.

Revestimientos: La melena presenta restos de un revestimiento (pintura) de color gris claro.

Decoraciones-inscripciones: Presenta una inscripción en la primera viga (empezando por abajo), pintada en color negro, en mayúsculas y en una tipografía de aire modernista sobre el revestimiento de color gris que reza "CAMPANA NOVA".



Estado de conservación del objeto:

El bronce:

Alteraciones detectadas en el examen organoléptico realizado:

-Depósitos superficiales y adheridos: La campana presenta depósitos de polvo adherido que cubren prácticamente la totalidad de la parte exterior de la campana.

Estos depósitos de suciedad superficial impiden poder realizar un examen más exhaustivo acerca del estado de las campanas a nivel epitelial. En una primera observación se detectan restos de pintura, imprimación y grasas en forma de salpicaduras, principalmente fruto del mantenimiento de los yugos. En una observación más concienzuda vemos como en algunos puntos estos depósitos han saltado, dejando ver zonas donde el bronce está exfoliado con pérdidas de material, observándose lagunas de diferente consideración. También podemos notar a través de estos puntos libres de depósitos superficiales o en zonas más protegidas como el metal, en contacto con los agentes atmosféricos, ha ido transformándose. Se observa el color del propio metal de color marrón en la parte protegida por el yugo, zonas de óxido con la típica coloración de "rojo inglés" y diferentes verdes azulados propios de la transformación de óxidos en sales a través del contacto con la contaminación atmosférica y el spray marino. A través de las analíticas, cuyos resultados se adjuntan en documentación aparte,



podemos conocer la naturaleza de estas sales, así como deducir de forma más precisa cómo se han formado, e incluso sus espesores, para tener un mayor control de cara a las intervenciones de limpieza.

-Pérdidas de volumen: No presenta pérdidas de volumen.

-Adición de elementos impropios: No presenta.

El badajo:

Como hemos apuntado la sujeción del badajo a la campana no ofrece las garantías necesarias para su seguridad. Al mismo tiempo no está colocado con la precisión debida, lo que ha producido el desgaste localizado del bronce. Los badajos son elementos funcionales que se han ido sustituyendo a lo largo de los años, cuando su desgaste heterogéneo incidía negativamente en el sonido y en la conservación de la campana y cuando simplemente por el uso se aceraban tornándose más rígidos.

El yugo:

Alteraciones superficiales detectadas en el examen organoléptico realizado:

-Depósitos superficiales y adheridos: Las diferentes partes que conforman el yugo presentan depósitos de polvo adherido que cubre la totalidad de la parte exterior de la campana. Los gran cantidad de suciedad superficial es debida a que se han colocado en su ubicación actual sin ningún tipo de protección ni mantenimiento. De forma localizada encontramos importantes depósitos de restos de grasa y polvo apelmazado en la parte que corresponde a los ejes, fruto del engrasado paulatino de los ejes.

La oxidación de los herrajes ha producido también tinción sobre la superficie.

Alteraciones existentes en el soporte del yugo detectadas en el examen organoléptico realizado:

La madera que constituye la estructura del yugo se encuentra en un estado de conservación aceptable. La principal alteración que presenta es el ataque biológico y se puede considerar como moderado. Se observan orificios de insectos xilófagos principalmente en las caras interiores. Se detectan dos tipos de orificios: de *Hylotrupes bajulus* y de



Anobium punctatum. Los orificios y galerías de mayor tamaño que se observan son de entorno a los +8mm por lo que se trata de un ataque de *Hylotrupes bajulus*. El otro ataque, de menor intensidad y más moderado, por los tamaños de los orificios de salida, de entorno a los 2mm es de *Anobium punctatum* (carcoma común) pertenece al orden de los coleópteros (escarabajos), el más numeroso de la clase de los insectos, y dentro de este a la familia de los Anóbidos (para una explicación más extensa ver la descripción del apartado de n'Eloi).

La acción continuada de la carcoma en la madera altera sus propiedades físicas. La gran cantidad de galerías que pueden llegar a excavar debilita la madera de tal manera que es fácil que sea extremadamente frágil o, en casos extremos, llegue a desaparecer. Aunque en el caso que nos ocupa el ataque como hemos dicho es moderado.

Por el color del serrín que se halla en el interior de las galerías no parece que los ataques sean recientes. Al ser el soporte de madera de encina, y por tanto, de una gran dureza, el ataque biológico no ha alterado significativamente la consistencia de los elementos de una forma generalizada.

En zonas puntuales cercanas a las aristas existen algunas zonas debilitadas por los ataques de los insectos xilófagos y esto unido a efectos de origen antrópico (en el traslado de los yugos cuando se sustituyeron por los metálicos) ha desembocado en pérdidas de volumen pero siempre poco significativas.

De forma puntual encontramos fendas de secado que por su disposición y características no representan un problema para la estructura de ninguna de las piezas que conforman el yugo.

Alteraciones existentes en los herrajes detectadas en el examen organoléptico realizado:

Las piezas metálicas que forman parte del yugo uniendo las piezas de madera presentan una oxidación superficial moderada. En ningún caso se aprecia exfoliación por lo que la oxidación no representa una alteración significativa. En los herrajes se observan a nivel superficial y de forma residual restos de pintura (de color negro), de minio de plomo (de color naranja) e incluso de color gris, color con el que se fueron pintando la mayoría de los yugos.

La alteración más significativa que presentan algunos de los herrajes es que están seccionados. Todo apunta que en el momento de sustituir los yugos de madera por los metálicos se cortaron algunos de ellos por la altura de la rosca para facilitar su desmontaje (seguramente el óxido dificultó que las tuercas salieran y se optó por cortarlas con seguetas).

La mayoría de los herrajes se conservan (con cortes algunos y enteros otros). Faltan algunas de las sujeciones metálicas que unían los herrajes a los bloques de madera.

La intervención sobre el bronce de la campana *in situ* (propuesta de limpieza y estabilización):

El estado de conservación de esta campana hace necesario que se lleve a cabo una intervención más profunda sobre el bronce que la prevista inicialmente (con el criterio de mínima intervención) a tenor de las alteraciones detectadas y a la necesidad de su estabilización para asegurar su correcta conservación.

La propuesta prioriza en este caso la conservación material del objeto frente a la recuperación del sonido del mismo (por los riesgos a los que se verían expuestas las epigrafías en las zonas que presentan alteración). Los ejes en los que se articula la intervención son: limpieza, estabilización y protección. Se descartan en este momento reposiciones de volumen.

Esquema de tratamiento del bronce que se propone:

- a. Registro fotográfico y videográfico previo y de todos los procesos.
- b. Estudio y caracterización de materiales constitutivos y productos de corrosión (ver el estudio de los materiales anexo).
- c. Estudio del estado de conservación y determinación de las causas de deterioro de las campanas.
- d. Aplicación de las fases secuenciales de limpieza.
- e. Aplicación de Inhibición – pasivación y protecciones anticorrosivas.
- f. Aplicación de películas protectoras.

Desarrollo del esquema de tratamiento del bronce que se propone:

- i. Registro fotográfico y videográfico previo y de todos los procesos.

Como primera precaución antes de cualquier manipulación se realizará una exhaustiva documentación gráfica, videográfica, fotográfica de conjunto y de detalle. Este tipo de documentación, que el IPCE considera preceptiva, se completará con el escaneado de la campana para contar así con un registro tridimensional del objeto.

2. Estudio y caracterización de materiales constitutivos y productos de corrosión (ver el estudio de los materiales anexo). La realización de la extensa batería de análisis ha permitido caracterizar los depósitos y productos de alteración. La puntual extracción de muestras para determinar el estado de los sustratos metálicos, realizados por el Área de Investigación del IPCE, han resultado también fundamentales a la hora de determinar con precisión la metodología de trabajo.

Mayoritariamente la capa de corrosión está compuesta por capas de yeso con adherencias terrosas, entre las que aparecen diseminadas profundas picaduras de cloruros. Conservan núcleo de metal sano, en el que aparecen microfisuras producidas por procesos corrosivos de tipo bajo tensión, sobre el metal sano una densa capa de óxidos de cobre (cuprita) y

sobre esta cloruros y carbonatos. Esta película tiene un grosor que oscila, según los puntos tomados en el muestreo, entre 2 y 5 mm.

En los laboratorios del IPCE se han sometido las muestras a un calentamiento de 750°. Se trata de una temperatura superior a la prevista en el proceso de restauración, de unos 400°. Se observa una fuerte contracción y se incrementa la separación de la capa de corrosión. Aparece una superficie del núcleo metálico mucho más rugosa, y proclive a la corrosión. Además las fases cristalinas del metal se transforman, modificándose características esenciales como la sonoridad.

La pérdida de la capa de corrosión en las campanas góticas, sin duda repercutiría en el adelgazamiento de las inscripciones, tratándose de bajorrelieves. Pero un metal expuesto a una atmosfera urbana marina tan agresiva (sales en suspensión, deposiciones de partículas, aerosoles, gases contaminates y corrosivos) necesita de la aplicación de un tratamiento de estabilización y protección en las superficies, que garantice su estabilidad y minimice los procesos corrosivos que están en marcha en las campanas.

3. Estudio del estado de conservación y determinación de las causas de deterioro de las campanas⁷. Causas de deterioro: El elemento en cuestión es de bronce que tiene como componente mayoritario el cobre (ver proporciones de su composición en los estudios de SGS). Las campanas se localizan en el campanario de la catedral, a escasos metros del mar y a diferentes atmosféricos. El metal expuesto a una atmosfera urbana marina tan agresiva (sales en suspensión, deposiciones de partículas, aerosoles, gases contaminates y corrosivos), después de la oxidación inicial propia del metal en contacto con el oxígeno, pasa a reaccionar con los agentes atmosféricos a los que está expuesto generando diferentes productos de corrosión en forma de picaduras que van creciendo hasta formar pequeñas áreas que tienden a desprenderse por exfoliación dejando como resultado lagunas de diferente consideración.

Las causas de deterioro, que afectan a todas las campanas en mayor o menor medida, son fruto de la reacción del material que las constituye con el medio en el que se encuentran. Desde un punto de vista global afirmamos que aunque la campana presenta alteraciones en un grosor de entre 2 y 5 mm su estado de conservación es bastante bueno, a tenor de los siete siglos de antigüedad del elemento y a las condiciones a las que ha sido expuesto durante todo este tiempo, aunque es importante minimizar los procesos de alteración para minimizar los procesos corrosivos que están en marcha y mejorar así sus condiciones de conservación.

4. Aplicación de las fases secuenciales de limpieza. Es necesario llevar a cabo una intervención de limpieza que sea capaz de eliminar los productos de corrosión que se

⁷ Criterios generales y metodología marcados por el Plan Nacional de Catedrales, apartados C y D
Carta de La Valetta 2011

encuentran en la superficie de la campana y que la están alterando sin dañar el soporte ni las pátinas no perjudiciales de la campana.

La composición y estado de conservación del sustrato metálico y la caracterización de los productos de corrosión con las películas de yeso, condicionan el sistema de limpieza a utilizar. Dadas las características del soporte y de los depósitos a eliminar consideramos que los mejores resultados se obtendrán con sistemas mecánicos en seco.

Primero se realizará una aspiración general con cepillado suave de la superficie, para eliminar el polvo y suciedad depositadas.

La limpieza se realizará de manera mecánica en seco, tratando de eliminar las capas más gruesas de los depósitos de yeso. En caso necesario se reblandecerán con apósitos de algodón hidrófilo impregnados en una disolución de agua destilada con alcohol etílico al 50%.

El proceso de limpieza en sí se realizará con microabrasímetro (no con chorro) con carga inerte (en principio microesferas de vidrio de tamaño impalpable) aplicadas con la presión e inclinación precisas para eliminar películas de adherencias terrosas. Pueden probarse otras cargas abrasivas con diferentes durezas (pero siempre las más suaves), como las vegetales o las plásticas.

Si fuese necesario, se utilizarán micromotores con fresas de caucho y copas de cerdas naturales.

Se valorará la limpieza con láser en las zonas de las capas adheridas más gruesas. Láser de Nd-Yag (1064 nm) por fotoablación, aplicando la energía y frecuencia de radiación que se determinen en las pruebas previas como adecuadas. En caso necesario, se pulverizará previamente la zona a tratar con nebulización de agua destilada.

Tras ajustar los parámetros de limpieza con la realización de pruebas previas, y la elección del sistema más efectivo se empezará con la limpieza aplicando los tratamientos desde la parte más alta de manera ordenada hasta su conclusión tanto por el exterior como por el interior. El proceso de limpieza concluirá con la aplicación a brocha de alcohol en superficie (etílico o mezcla tipo mostanol) para desengrasar y secar la superficie, preparándola así para la protección.

5. Aplicación de Inhibición – pasivación y protecciones anticorrosivas.

La superficie del bronce una vez tratada y seca, se inhibirá con una doble capa de inhibición química AMT y BTA diluida al 1 % la primera y 3% la segunda en solución hidroalcohólica 1:1, aplicada a brocha. El sistema operativo secuencial es la aplicación del un primer inhibidor y tras el secado y limpieza en seco de los residuos producidos, la aplicación del siguiente.

6. Aplicación de películas protectoras: Para asegurar una correcta protección del bronce se considera necesario un sellado superficial con películas de resina sintética tipo Inctalac, al menos tres capas, en disoluciones con concentraciones progresivas, la primera la

menos para facilitar su penetración, al 10% en xileno o similar, la 2º al 15% y la tercera entre el 20-30 %, en dosolvente volátil (acetona). Aplicados a brocha, con sistema operativo secuencial, aplicación de una primera película y tras su secado la aplicación de la siguiente hasta concluir el proceso.

En función de la evaluación del trabajo, y el aspecto final, se considerará aplicar otra capa más de resina con similar concentración de la última, o/y añadir una película hidrófuga de cera microcristalina disuelta en white-spirit de dureza alta.

La intervención prevista en el badajo.

El badajo es otro elemento que modifica el timbre, ya que según el metal que sea, tiende a reforzar unos u otros armónicos, con resultados bien distintos. El badajo es de hierro dulce, pasado por la fragua y dejado enfriar lentamente para que no se acere y gane en dureza y por tanto en peligrosidad. Incluso, hace un par de siglos, los badajos de las campanas gordas, que seguramente tocaban menos que ahora, eran llevados cada dos o tres años al herrero, aunque estuviesen bien en apariencia, para reducir la resistencia del metal, endurecido a base de los repetidos golpes sobre la campana.

Los badajos estaban también aislados acústicamente de las campanas, mediante complicados atados, con cuerdas, con cuero o incluso intercalando pedazos de madera, de modo que el sonido de unos y otras no se interfiriese.

Por lo expresado anteriormente es preceptiva la sustitución de la badajera en material compatible, realizándola en acero inoxidable W.NR.1.4401. La intervención prevé la instalación de un nuevo badajo fabricado en hierro F1 pintado de color negro, con asa de sujeción, correa de cuero y cable de seguridad.

La intervención prevista en el yugo.

Como hemos apuntado anteriormente el fin primordial del proyecto en cuanto a las campanas es devolverle su sonido, y para ello hay que recuperar todas las partes originales. Es por ello que se sustituirá el yugo metálico actual instalado en un pasado reciente, recolocando el de madera que hasta ahora permanecía en el campanario en la “sala de los yugos”.

El criterio marcado para la conservación de estos elementos es el de mínima intervención. Se conservarán todas las partes posibles con sus respectivos acabados y recubrimientos para conservar al máximo su autenticidad, sin perder de vista por ello que a la vez que elementos de valor patrimonial se trata de elementos funcionales que están sujetos al fin último de contribuir a la

recuperación del sonido de las campanas y que deben reunir los requisitos de funcionalidad y seguridad preceptivos.

Para la restauración de estos elementos se propone seguir los siguientes puntos:

1. Limpieza de la suciedad superficial mediante aspirador y brocha para poder comprobar si existen restos de recubrimientos.
2. Limpieza de depósitos de polvo adheridos con soluciones de agua desionizada-alcohol etílico (50%) previa comprobación de solubilidad (se trata de una pintura-esmalte al aceite). Lo mismo para las inscripciones que presenta.
3. De forma física se retirarán las concreciones de grasa presentes realizando un tratamiento posterior con tensoactivos en la parte de los ejes que ha ido acumulando una mezcla de polvo y grasa.
4. Tratamiento de desinsectación mediante inyección de insecticida-fungicida a base de permetrina (0,7%) y propiconazol (1,2%) agujero por agujero.
5. Desmontaje de los elementos metálicos para su tratamiento.
6. Limpieza de los elementos metálicos. Limpieza de los depósitos de óxido mediante cepillado superficial con cepillos de fibra de vidrio. Eliminación de recubrimientos modernos (restos de minio) con disolventes aromáticos y de forma física con escalpelo así como restos de grasa con soluciones de agua hidrocarburos alifáticos y tensoactivos.
7. Tratamiento pasivador de los elementos metálicos mediante aplicación de una solución de ácido tánico y posterior retirada de depósitos sobrantes con humectación de hisopos con agua desionizada.
8. Tratamiento protector de los elementos de hierro mediante aplicación de resina acrílica (Paraloid B-44) en disolvente aromático al 5%.
9. Reparación funcional de los elementos metálicos seccionados. El carácter funcional de estos elementos obliga a su exhaustiva revisión. Los elementos seccionados se recuperarán mediante soldadura si ésta garantiza la seguridad de la campana. Por ello se realizarán trabajos de rebaje de la parte seccionada original con injertos del mismo material consiguiendo soldaduras lineales que trabajen correctamente a tracción para asegurar su funcionalidad. De forma puntual y justificada se podrá realizar una réplica (como estaba previsto en el proyecto inicial) de alguno de los herrajes si la opción anterior no se considerara segura. En la inspección realizada hasta la fecha parece que la totalidad de los herrajes podrán ser recuperados. Para verificar que esto es así se realizarán pruebas de soldadura con las comprobaciones y verificaciones oportunas.

10. Realización de injertos con madera de las mismas características y con resina epoxídica específica para madera para la recuperación de las pérdidas más importantes que incidan en su funcionalidad (esta intervención puede considerarse como anecdótica).

11. Tratamiento protector de la madera y revestimiento mediante aplicación de resina acrílica (Paraloid B-72) en disolvente aromático en una aplicación al 5%.

12. Posteriormente se procederá al montaje del yugo a la campana para su posterior izado y recolocación en el campanario.

La mecanización de la campana:

Para la automatización de las campanas están previstas las siguientes intervenciones:

Se instalará el sistema de bandeo/volteo electrónico 'CAMPA MOVOTRON', que imita el bandear/voltear manual por medio de un sistema de regulación y feedback muy preciso, que manda los motores eléctricos.

El sistema consiste en una forma de automatización 'suave', que no daña a las campanas y que garantiza el bandear/voltear con calidad. La instalación se complementará con la capacitación de instaladores locales para posibilitar el servicio y mantenimiento local.

La instalación permitirá la desconexión del sistema para tocar manualmente las campanas en momentos específicos, de acuerdo con la prescripción octava de la CIPH.

-Adaptación de los ejes de hierro cuadrado, para el acoplamiento del yugo de madera a los rodamientos para el soporte y bandeo de la campana.

-Montaje del yugo de madera sobre la campana.

-Colocación de refuerzos en las vigas de madera para el soporte de los rodamientos de las campanas.

-Instalación de Rueda metálica circular para el uso del balanceo mediante el motor eléctrico.

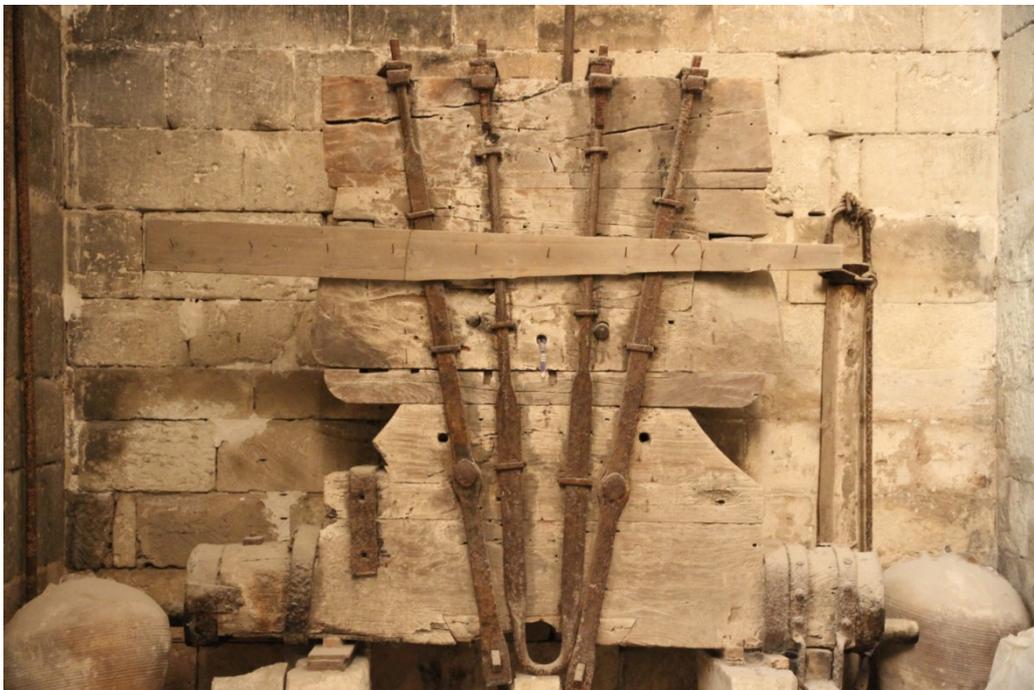
-Equilibrio de la campana en vertical.

-Instalación de un motor eléctrico, controlado electrónicamente el bandeo y boca arriba de la campana ajustado a su peso.

-Instalación de un electro martillo metálico para el repique de la campana.

1.3.9. Na Bàrbara

Fundición año	1673
Diámetro	145cm
Peso aproximado	1765 Kg



Na Bàrbara

Descripción del objeto:

El bronce:

Materia: El vaso está realizado en fundición de bronce.

Dimensiones: El diámetro de la campana es de 1450 mm y su altura es de 1190 mm.

Peso: Peso estimado 1.765 kg.

Fundidor: Joan de Salorge o Salorsena, Cosme y Rafael Gener.

Se trata de la segunda campana mayor del campanario. Como parte de la documentación de la campana se aportan fotografías adicionales generales y de detalle así como el calco de las epigrafías que presenta.

En la actualidad presenta un yugo metálico instalado a mediados del siglo XX que será sustituido por otro, de madera, más antiguo. el yugo metálico incide negativamente en la sonoridad de la campana.

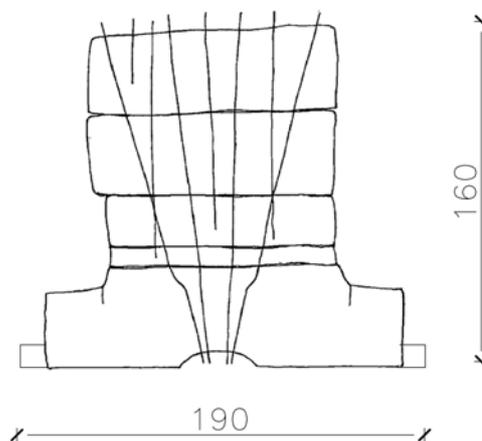
El badajo:

Presenta un badajo de hierro dulce fijado a la campana con tornillos y pletinas modernas.

El yugo:

Materia: El yugo está constituido por madera de encina no muy bien escuadrada más bien tosca. Cuenta con herrajes metálicos que sirven para sujetar la campana al yugo. Una de las sujeciones atraviesa en sentido longitudinal el yugo mientras que dos pares más por cara lo hacen exteriormente pasando a través de unas fijaciones metálicas clavadas a la madera. Posee además cuatro refuerzos adicionales.

Dimensiones: Está formado por cinco piezas de madera que conforman un bloque de las siguientes dimensiones: ancho superior 116 cms, ancho inferior (con eje) 190 cms, alto 260 cms y 27 de grosor cms.



Revestimientos: La melena no presenta revestimiento (pintura) de ningún tipo.

Decoraciones-inscripciones: Presenta una inscripción en la primera viga (empezando por abajo), pintada en color negro, en mayúsculas y en una tipografía de aire modernista sobre el revestimiento de color gris que reza "CAMPANA BARBARA".

Estado de conservación del objeto:

El bronce:

Alteraciones detectadas en el examen organoléptico realizado:

-Depósitos superficiales y adheridos: La campana presenta depósitos de polvo adherido que cubren prácticamente la totalidad de la parte exterior de la campana.

Estos depósitos de suciedad superficial impiden poder realizar un examen más exhaustivo acerca del estado de las campanas a nivel epitelial. En una primera observación se detectan restos de pintura, imprimación y grasas en forma de salpicaduras, principalmente fruto del mantenimiento de los yugos. En una observación más concienzuda vemos como en algunos puntos estos depósitos han saltado, dejando ver zonas donde el bronce está exfoliado con pérdidas de material, observándose lagunas de diferente consideración. También podemos notar a través de estos puntos libres de depósitos superficiales o en zonas más protegidas como el metal, en contacto con los agentes atmosféricos, ha ido transformándose. Se observa el color del propio metal de color marrón en la parte protegida por el yugo, zonas de óxido con la típica coloración de "rojo inglés" y diferentes verdes azulados propios de la transformación de óxidos en sales a través del contacto con la contaminación atmosférica y el spray marino. A través de las analíticas, cuyos resultados se adjuntan en documentación aparte, podemos conocer la naturaleza de estas sales, así como deducir de forma más precisa cómo se han formado, e incluso sus espesores, para tener un mayor control de cara a las intervenciones de limpieza.

-Pérdidas de volumen: No presenta pérdidas de volumen.

-Adición de elementos impropios: No presenta.

El badajo:

Como hemos apuntado la sujeción del badajo a la campana no ofrece las garantías necesarias para su seguridad. Al mismo tiempo no está colocado con la precisión debida, lo que ha producido el desgaste localizado del bronce. Los badajos son elementos funcionales que se han ido sustituyendo a lo largo de los años, cuando su desgaste heterogéneo incidía negativamente en el sonido y en la conservación de la campana y cuando simplemente por el uso se aceraban tornándose más rígidos.

El yugo:

Alteraciones superficiales detectadas en el examen organoléptico realizado:

-Depósitos superficiales y adheridos: Las diferentes partes que conforman el yugo presentan depósitos de polvo adherido que cubre la totalidad de la parte exterior de la campana. Los gran cantidad de suciedad superficial es debida a que se han colocado en su ubicación actual sin ningún tipo de protección ni mantenimiento. De forma localizada encontramos importantes depósitos de restos de grasa y polvo apelmazado en la parte que corresponde a los ejes, fruto del engrasado paulatino de los ejes. De entre los diferentes depósitos presentes hay que mencionar algunos restos poco importantes de pintura negra usada en el repintado de los herrajes e incluso de minio. Cabe mencionar que seguramente los yugos en uso fueron objeto de un mantenimiento continuo en el que no se tuvo mucho cuidado en el elemento como objeto patrimonial. Cuando alguna parte estaba en mal estado se sustituía, y cuando había que darles una mano de pintura, se daba, sin mucho cuidado ni discriminación por lo que se desprende de los goteos y salpicaduras.

La oxidación de los herrajes ha producido también tinción sobre la superficie.

Alteraciones existentes en el soporte del yugo detectadas en el examen organoléptico realizado:

La madera que constituye la estructura del yugo se encuentra en un estado de conservación aceptable. La principal alteración que presenta es el ataque biológico y se puede considerar como moderado. Se



observan orificios de insectos xilófagos principalmente en las caras interiores. Se detectan dos tipos de orificios: de *Hylotrupes bajulus* y de *Anobium punctatum*. Los orificios y galerías de mayor tamaño que se observan son de entorno a los +-8mm por lo que se trata de un ataque de *Hylotrupes bajulus*. El otro ataque, de menor intensidad y más moderado, por los tamaños de los orificios de salida, de entorno a los 2mm es de *Anobium punctatum* (carcoma común) pertenece al orden de los coleópteros (escarabajos), el más numeroso de la clase de los insectos, y dentro de este a la familia de los Anóbidos (para una explicación más extensa ver la descripción del apartado de n'Eloi).

La acción continuada de la carcoma en la madera altera sus propiedades físicas. La gran cantidad de galerías que pueden llegar a excavar debilita la madera de tal manera que es fácil que sea extremadamente frágil o, en casos extremos, llegue a desaparecer. Aunque en el caso que nos ocupa el ataque como hemos dicho es moderado.

Por el color del serrín que se halla en el interior de las galerías no parece que los ataques sean recientes. Al ser el soporte de madera de encina, y por tanto, de una gran dureza, el ataque

biològic no ha alterado significativamente la consistencia de los elementos de una forma generalizada.

En zonas puntuales cercanas a las aristas existen algunas zonas debilitadas por los ataques de los insectos xilófagos y esto unido a efectos de origen antrópico (en el traslado de los yugos cuando se sustituyeron por los metálicos) ha desembocado en pérdidas de volumen pero siempre poco significativas.

De forma puntual encontramos fendas de secado que por su disposición y características no representan un problema para la estructura de ninguna de las piezas que conforman el yugo.

Alteraciones existentes en los herrajes detectadas en el examen organoléptico realizado:

Las piezas metálicas que forman parte del yugo uniendo las piezas de madera presentan una oxidación superficial moderada. En ningún caso se aprecia exfoliación por lo que la oxidación no representa una alteración significativa. En los herrajes se observan a nivel superficial y de forma residual restos de pintura (de color negro), de minio de plomo (de color naranja) e incluso de color gris, color con el que se fueron pintando la mayoría de los yugos.

La alteración más significativa que presentan algunos de los herrajes es que están seccionados. Todo apunta que en el momento de sustituir los yugos de madera por los metálicos



se cortaron algunos de ellos por la altura de la rosca para facilitar su desmontaje (seguramente el óxido dificultó que las tuercas salieran y se optó por cortarlas con seguetas).

La mayoría de los herrajes se conservan (con cortes algunos y enteros otros). Faltan algunas de las sujeciones metálicas que unían los herrajes a los bloques de madera.

La intervenci3n sobre el bronce de la campana *in situ* (propuesta de limpieza y estabilizaci3n):

El estado de conservaci3n de esta campana hace necesario que se lleve a cabo una intervenci3n m1s profunda sobre el bronce que la prevista inicialmente (con el criterio de m1nima intervenci3n) a tenor de las alteraciones detectadas y a la necesidad de su estabilizaci3n para asegurar su correcta conservaci3n.

La propuesta prioriza en este caso la conservaci3n material del objeto frente a la recuperaci3n del sonido del mismo (por los riesgos a los que se verían expuestas las epigrafías en las zonas que presentan alteraci3n). Los ejes en los que se articula la intervenci3n son: limpieza, estabilizaci3n y protecci3n. Se descartan en este momento reposiciones de volumen.

Esquema de tratamiento del bronce que se propone:

1. Registro fotogr1fico y videogr1fico previo y de todos los procesos.
2. Estudio y caracterizaci3n de materiales constitutivos y productos de corrosi3n (ver el estudio de los materiales anexo).
3. Estudio del estado de conservaci3n y determinaci3n de las causas de deterioro de las campanas.
4. Aplicaci3n de las fases secuenciales de limpieza.
5. Aplicaci3n de Inhibici3n – pasivaci3n y protecciones anticorrosivas.
6. Aplicaci3n de pel1culas protectoras.

Desarrollo del esquema de tratamiento del bronce que se propone:

1. Registro fotogr1fico y videogr1fico previo y de todos los procesos.

Como primera precauci3n antes de cualquier manipulaci3n se realizar1 una exhaustiva documentaci3n gr1fica, videogr1fica, fotogr1fica de conjunto y de detalle. Este tipo de documentaci3n, que el IPCE considera preceptiva, se completar1 con el escaneado de la campana para contar as1 con un registro tridimensional del objeto.

2. Estudio y caracterizaci3n de materiales constitutivos y productos de corrosi3n (ver el estudio de los materiales anexo). La realizaci3n de la extensa bater1a de an1lisis ha permitido caracterizar los dep3sitos y productos de alteraci3n. La puntual extracci3n de muestras para determinar el estado de los sustratos met1licos, realizados por el Area de Investigaci3n del IPCE, han resultado tambi3n fundamentales a la hora de determinar con precisi3n la metodolog1a de trabajo.

Mayoritariamente la capa de corrosi3n est1 compuesta por capas de yeso con adherencias terrosas, entre las que aparecen diseminadas profundas picaduras de cloruros. Conservan n1cleo de metal sano, en el que aparecen microfisuras producidas por procesos corrosivos de tipo bajo tensi3n, sobre el metal sano una densa capa de 3xidos de cobre (cuprita) y

sobre esta cloruros y carbonatos. Esta película tiene un grosor que oscila, según los puntos tomados en el muestreo, entre 2 y 5 mm.

En los laboratorios del IPCE se han sometido las muestras a un calentamiento de 750°. Se trata de una temperatura superior a la prevista en el proceso de restauración, de unos 400°. Se observa una fuerte contracción y se incrementa la separación de la capa de corrosión. Aparece una superficie del núcleo metálico mucho más rugosa, y proclive a la corrosión. Además las fases cristalinas del metal se transforman, modificándose características esenciales como la sonoridad.

La pérdida de la capa de corrosión en las campanas góticas, sin duda repercutiría en el adelgazamiento de las inscripciones, tratándose de bajorrelieves. Pero un metal expuesto a una atmosfera urbana marina tan agresiva (sales en suspensión, deposiciones de partículas, aerosoles, gases contaminates y corrosivos) necesita de la aplicación de un tratamiento de estabilización y protección en las superficies, que garantice su estabilidad y minimice los procesos corrosivos que están en marcha en las campanas.

3. Estudio del estado de conservación y determinación de las causas de deterioro de las campanas⁸. Causas de deterioro: El elemento en cuestión es de bronce que tiene como componente mayoritario el cobre (ver proporciones de su composición en los estudios de SGS). Las campanas se localizan en el campanario de la catedral, a escasos metros del mar y a diferentes atmosféricos. El metal expuesto a una atmosfera urbana marina tan agresiva (sales en suspensión, deposiciones de partículas, aerosoles, gases contaminates y corrosivos), después de la oxidación inicial propia del metal en contacto con el oxígeno, pasa a reaccionar con los agentes atmosféricos a los que está expuesto generando diferentes productos de corrosión en forma de picaduras que van creciendo hasta formar pequeñas áreas que tienden a desprenderse por exfoliación dejando como resultado lagunas de diferente consideración.

Las causas de deterioro, que afectan a todas las campanas en mayor o menor medida, son fruto de la reacción del material que las constituye con el medio en el que se encuentran. Desde un punto de vista global afirmamos que aunque la campana presenta alteraciones en un grosor de entre 2 y 5 mm su estado de conservación es bastante bueno, a tenor de los siete siglos de antigüedad del elemento y a las condiciones a las que ha sido expuesto durante todo este tiempo, aunque es importante minimizar los procesos de alteración para minimizar los procesos corrosivos que están en marcha y mejorar así sus condiciones de conservación.

4. Aplicación de las fases secuenciales de limpieza. Es necesario llevar a cabo una intervención de limpieza que sea capaz de eliminar los productos de corrosión que se

⁸ Criterios generales y metodología marcados por el Plan Nacional de Catedrales, apartados C y D Carta de La Valetta 2011

encuentran en la superficie de la campana y que la están alterando sin dañar el soporte ni las pátinas no perjudiciales de la campana.

La composición y estado de conservación del sustrato metálico y la caracterización de los productos de corrosión con las películas de yeso, condicionan el sistema de limpieza a utilizar. Dadas las características del soporte y de los depósitos a eliminar consideramos que los mejores resultados se obtendrán con sistemas mecánicos en seco.

Primero se realizará una aspiración general con cepillado suave de la superficie, para eliminar el polvo y suciedad depositadas.

La limpieza se realizará de manera mecánica en seco, tratando de eliminar las capas más gruesas de los depósitos de yeso. En caso necesario se reblandecerán con apósitos de algodón hidrófilo impregnados en una disolución de agua destilada con alcohol etílico al 50%.

El proceso de limpieza en sí se realizará con microabrasímetro (no con chorro) con carga inerte (en principio microesferas de vidrio de tamaño impalpable) aplicadas con la presión e inclinación precisas para eliminar películas de adherencias terrosas. Pueden probarse otras cargas abrasivas con diferentes durezas (pero siempre las más suaves), como las vegetales o las plásticas.

Si fuese necesario, se utilizarán micromotores con fresas de caucho y copas de cerdas naturales.

Se valorará la limpieza con láser en las zonas de las capas adheridas más gruesas. Láser de Nd-Yag (1064 nm) por fotoablación, aplicando la energía y frecuencia de radiación que se determinen en las pruebas previas como adecuadas. En caso necesario, se pulverizará previamente la zona a tratar con nebulización de agua destilada.

Tras ajustar los parámetros de limpieza con la realización de pruebas previas, y la elección del sistema más efectivo se empezará con la limpieza aplicando los tratamientos desde la parte más alta de manera ordenada hasta su conclusión tanto por el exterior como por el interior. El proceso de limpieza concluirá con la aplicación a brocha de alcohol en superficie (etílico o mezcla tipo mostanol) para desengrasar y secar la superficie, preparándola así para la protección.

5. Aplicación de Inhibición – pasivación y protecciones anticorrosivas.

La superficie del bronce una vez tratada y seca, se inhibirá con una doble capa de inhibición química AMT y BTA diluida al 1 % la primera y 3% la segunda en solución hidroalcohólica 1:1, aplicada a brocha. El sistema operativo secuencial es la aplicación del un primer inhibidor y tras el secado y limpieza en seco de los residuos producidos, la aplicación del siguiente.

6. Aplicación de películas protectoras: Para asegurar una correcta protección del bronce se considera necesario un sellado superficial con películas de resina sintética tipo Inctalac, al menos tres capas, en disoluciones con concentraciones progresivas, la primera la

menos para facilitar su penetración, al 10% en xileno o similar, la 2º al 15% y la tercera entre el 20-30 %, en dosolvente volátil (acetona). Aplicados a brocha, con sistema operativo secuencial, aplicación de una primera película y tras su secado la aplicación de la siguiente hasta concluir el proceso.

En función de la evaluación del trabajo, y el aspecto final, se considerará aplicar otra capa más de resina con similar concentración de la última, o/y añadir una película hidrófuga de cera microcristalina disuelta en white-spirit de dureza alta.

La intervención prevista en el badajo.

El badajo es otro elemento que modifica el timbre, ya que según el metal que sea, tiende a reforzar unos u otros armónicos, con resultados bien distintos. El badajo es de hierro dulce, pasado por la fragua y dejado enfriar lentamente para que no se acere y gane en dureza y por tanto en peligrosidad. Incluso, hace un par de siglos, los badajos de las campanas gordas, que seguramente tocaban menos que ahora, eran llevados cada dos o tres años al herrero, aunque estuviesen bien en apariencia, para reducir la resistencia del metal, endurecido a base de los repetidos golpes sobre la campana.

Los badajos estaban también aislados acústicamente de las campanas, mediante complicados atados, con cuerdas, con cuero o incluso intercalando pedazos de madera, de modo que el sonido de unos y otras no se interfiriese.

Por lo expresado anteriormente es preceptiva la sustitución de la badajera en material compatible, realizándola en acero inoxidable W.NR.1.4401. La intervención prevé la instalación de un nuevo badajo fabricado en hierro F1 pintado de color negro, con asa de sujeción, correa de cuero y cable de seguridad.

La intervención prevista en el yugo.

Como hemos apuntado anteriormente el fin primordial del proyecto en cuanto a las campanas es devolverle su sonido, y para ello hay que recuperar todas las partes originales. Es por ello que se sustituirá el yugo metálico actual instalado en un pasado reciente, recolocando el de madera que hasta ahora permanecía en el campanario en la “sala de los yugos”.

El criterio marcado para la conservación de estos elementos es el de mínima intervención. Se conservarán todas las partes posibles con sus respectivos acabados y recubrimientos para conservar al máximo su autenticidad, sin perder de vista por ello que a la vez que elementos de valor patrimonial se trata de elementos funcionales que están sujetos al fin último de contribuir a la recuperación del sonido de las campanas y que deben reunir los requisitos de funcionalidad y seguridad preceptivos.

Para la restauración de estos elementos se propone seguir los siguientes puntos:

1. Limpieza de la suciedad superficial mediante aspirador y brocha para poder comprobar si existen restos de recubrimientos.
2. Limpieza de depósitos de polvo adheridos con soluciones de agua desionizada-alcohol etílico (50%). Para las inscripciones comprobación previa de solubilidad (se trata de una pintura-esmalte al aceite).
3. De forma física se retirarán las concreciones de grasa presentes realizando un tratamiento posterior con tensoactivos en la parte de los ejes que ha ido acumulando una mezcla de polvo y grasa.
4. Tratamiento de desinsectación mediante inyección de insecticida-fungicida a base de permetrina (0,7%) y propiconazol (1,2%) agujero por agujero.
5. Desmontaje de los elementos metálicos para su tratamiento.
6. Limpieza de los elementos metálicos. Limpieza de los depósitos de óxido mediante cepillado superficial con cepillos de fibra de vidrio. Eliminación de recubrimientos modernos (restos de minio) con disolventes aromáticos y de forma física con escalpelo así como restos de grasa con soluciones de agua hidrocarburos alifáticos y tensoactivos.
7. Tratamiento pasivador de los elementos metálicos mediante aplicación de una solución de ácido tánico y posterior retirada de depósitos sobrantes con humectación de hisopos con agua desionizada.
8. Tratamiento protector de los elementos de hierro mediante aplicación de resina acrílica (Paraloid B-44) en disolvente aromático al 5%.
9. Reparación funcional de los elementos metálicos seccionados. El carácter funcional de estos elementos obliga a su exhaustiva revisión. Los elementos seccionados se recuperarán mediante soldadura si ésta garantiza la seguridad de la campana. Por ello se realizarán trabajos de rebaje de la parte seccionada original con injertos del mismo material consiguiendo soldaduras lineales que trabajen correctamente a tracción para asegurar su funcionalidad. De forma puntual y justificada se podrá realizar una réplica (como estaba previsto en el proyecto inicial) de alguno de los herrajes si la opción anterior no se considerara segura. En la inspección realizada hasta la fecha parece que la totalidad de los herrajes podrán ser recuperados. Para verificar que esto es así se realizarán pruebas de soldadura con las comprobaciones y verificaciones oportunas.
10. Realización de injertos con madera de las mismas características y con resina epoxídica específica para madera para la recuperación de las pérdidas más importantes que incidan en su funcionalidad (esta intervención puede considerarse como anecdótica).

11. Tratamiento protector de la madera y revestimiento mediante aplicación de resina acrílica (Paraloid B-72) en disolvente aromático en una aplicación al 5%.

12. Posteriormente se procederá al montaje del yugo a la campana para su posterior izado y recolocación en el campanario.

La mecanización de la campana:

Para la automatización de las campanas están previstas las siguientes intervenciones:

Se instalará el sistema de bandeo/volteo electrónico 'CAMPA MOVOTRON', que imita el bandear/voltear manual por medio de un sistema de regulación y feedback muy preciso, que manda los motores eléctricos.

El sistema consiste en una forma de automatización 'suave', que no daña a las campanas y que garantiza el bandear/voltear con calidad. La instalación se complementará con la capacitación de instaladores locales para posibilitar el servicio y mantenimiento local.

La instalación permitirá la desconexión del sistema para tocar manualmente las campanas en momentos específicos, de acuerdo con la prescripción octava de la CIPH.

-Adaptación de los ejes de hierro cuadrado, para el acoplamiento del yugo de madera a los rodamientos para el soporte y bandeo de la campana.

-Montaje del yugo de madera sobre la campana.

-Colocación de refuerzos en las vigas de madera para el soporte de los rodamientos de las campanas.

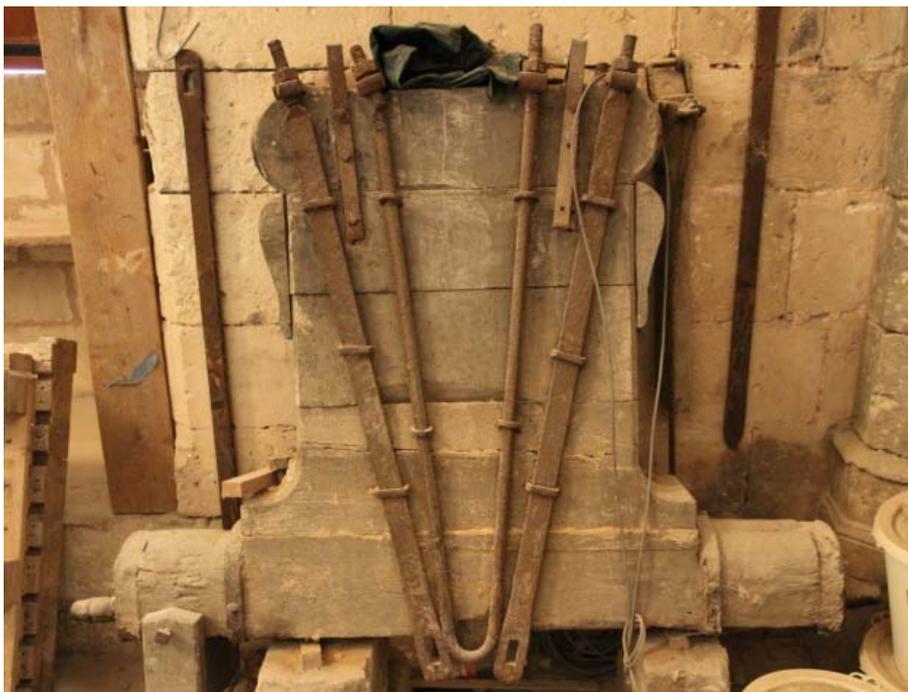
-Instalación de Rueda metálica circular para el uso del balanceo mediante el motor eléctrico.

-Equilibrio de la campana en vertical.

-Instalación de un motor eléctrico, controlado electrónicamente el bandeo y boca arriba de la campana ajustado a su peso.

-Instalación de un electro martillo metálico para el repique de la campana.

1.3.10. Na Mitja	
Fundició año	1312
Diámetro	100cm
Peso aproximado	580 Kg



Na Mitja

Descripción del objeto:

El bronce:

Materia: El vaso está realizado en fundición de bronce.

Dimensiones: El diámetro de la campana es de 400 mm y su altura es de 580 mm.

Peso: Peso estimado 579 kg.

Inscripciones: Se ha realizado un calco de las epigrafías que se adjunta como anexo.

Se trata de una de las campanas más antiguas del campanario (principios del s.XIV). Como parte de la documentación de la campana se aportan fotografías adicionales generales y de detalle así como el calco de las epigrafías que presenta.

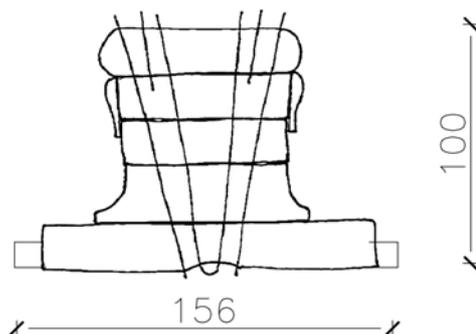
En la actualidad presenta un yugo metálico instalado a mediados del siglo XX que será sustituido por otro, de madera, más antiguo. El yugo metálico incide negativamente en la sonoridad de la campana.

El badajo:

Presenta un badajo de hierro dulce fijado a la campana con tornillos y pletinas modernas.

El yugo:

Materia: El yugo está constituido por madera de encina muy bien escuadrada pero sin salir de la forma muy simple. Cuenta con herrajes metálicos que sirven para sujetar la campana al yugo. Una de las sujeciones atraviesa en sentido longitudinal el yugo mientras que dos pares más por cara lo hacen exteriormente pasando a través de unas fijaciones metálicas clavadas a la madera. Aparte cuenta con dos pletinas adicionales en la parte superior.



Dimensiones: Está formado por cinco piezas de madera que conforman un bloque de las siguientes dimensiones: ancho superior 90 cms, ancho inferior (con eje) 156 cms, alto 100 cms y 22 de grosor cms.

Revestimientos: La melena presenta un revestimiento (pintura) de color gris claro.

Decoraciones-inscripciones: Presenta una inscripción en la primera viga (empezando por abajo), pintada en color negro, en mayúsculas y en una tipografía de aire modernista sobre el revestimiento de color gris que reza "CAMPANA MITCHA".

Otros: Presenta dos piezas adicionales de plomo adosadas a los laterales de las piezas de madera, entre la tercera y la cuarta contando desde abajo.



Estado de conservación del objeto:

El bronce:

Alteraciones detectadas en el examen organoléptico realizado:



-Depósitos superficiales

y adheridos: La campana presenta depósitos de polvo adherido que cubren prácticamente la totalidad de la parte exterior de la campana.

Estos depósitos de suciedad superficial impiden poder realizar un examen más exhaustivo acerca del estado de las campanas a nivel epitelial. En una primera observación se detectan restos de pintura, imprimación y grasas en forma de salpicaduras, principalmente fruto del mantenimiento de los yugos. En una observación más concienzuda vemos como en algunos puntos estos depósitos han saltado, dejando ver zonas donde el bronce está exfoliado con pérdidas de material, observándose lagunas de diferente consideración. También podemos notar a través de estos puntos libres de depósitos superficiales o en zonas más protegidas como el metal, en contacto con los agentes atmosféricos, ha ido transformándose. Se observa el color del propio metal de color marrón en la parte protegida por el yugo, zonas de óxido con la típica coloración de "rojo inglés" y diferentes verdes azulados propios de la transformación de óxidos en sales a través del contacto con la contaminación atmosférica y el spray marino. A través de las analíticas, cuyos resultados se adjuntan en documentación aparte, podemos conocer la naturaleza de estas sales, así como deducir de forma más precisa cómo se han formado, e incluso sus espesores, para tener un mayor control de cara a las intervenciones de limpieza.

- Se observan manchas alargadas de color oscuro probablemente del engrasado de los yugos.

-Pérdidas de volumen: No presenta pérdidas de volumen.

-Adición de elementos impropios: No presenta.

El badajo:

Como hemos apuntado la sujeción del badajo a la campana no ofrece las garantías necesarias para su seguridad. Al mismo tiempo no está colocado con la precisión debida, lo que ha producido el desgaste localizado del bronce. Los badajos son elementos funcionales que se han ido sustituyendo a lo largo de los años, cuando su desgaste heterogéneo incidía negativamente en el sonido y en la conservación de la campana y cuando simplemente por el uso se aceraban tornándose más rígidos.

El yugo:

Alteraciones superficiales detectadas en el examen organoléptico realizado:

-Depósitos superficiales y adheridos: Las diferentes partes que conforman el yugo presentan depósitos de polvo adherido que cubre la totalidad de la parte exterior de la campana. Los gran cantidad de suciedad superficial es debida a que se han colocado en su ubicación actual sin ningún tipo de protección ni mantenimiento. De forma localizada encontramos importantes depósitos de restos de grasa y polvo apelmazado en la parte que corresponde a los ejes, fruto del engrasado paulatino de los ejes.

La oxidación de los herrajes ha producido también tinción sobre la superficie.

Alteraciones existentes en el soporte del yugo detectadas en el examen organoléptico realizado:

La madera que constituye la estructura del yugo se encuentra en un estado de conservación aceptable. La principal alteración que presenta es el ataque biológico y se puede considerar como moderado. Se observan orificios de insectos xilófagos principalmente en las caras interiores. Se detectan dos tipos de orificios: de *Hylotrupes bajulus* y de *Anobium punctatum*. Los orificios y galerías de mayor tamaño que se observan son de entorno a los +-8mm por lo que se trata de un ataque de *Hylotrupes bajulus*. El otro ataque, de menor intensidad y más moderado, por los tamaños de los orificios de salida, de entorno a los 2mm es de *Anobium punctatum* (carcoma común) pertenece al orden de los coleópteros (escarabajos), el más numeroso de la clase de los insectos, y dentro de este a la familia de los Anóbidos (para una explicación más extensa ver la descripción del apartado de n'Eloi).

La acción continuada de la carcoma en la madera altera sus propiedades físicas. La gran cantidad de galerías que pueden llegar a excavar debilita la madera de tal manera que es fácil que sea extremadamente frágil o, en casos extremos, llegue a desaparecer. Aunque en el caso que nos ocupa el ataque como hemos dicho es moderado.

Por el color del serrín que se halla en el interior de las galerías no parece que los ataques sean recientes. Al ser el soporte de madera de encina, y por tanto, de una gran dureza, el ataque biológico no ha alterado significativamente la consistencia de los elementos de una forma generalizada.

En zonas puntuales cercanas a las aristas existen algunas zonas debilitadas por los ataques de los insectos xilófagos y esto unido a efectos de origen antrópico (en el traslado de los yugos cuando se sustituyeron por los metálicos) ha desembocado en pérdidas de volumen pero siempre poco significativas.

De forma puntual encontramos fendas de secado que por su disposición y características no representan un problema para la estructura de ninguna de las piezas que conforman el yugo.

Alteraciones existentes en los herrajes detectadas en el examen organoléptico realizado:

Las piezas metálicas que forman parte del yugo uniendo las piezas de madera presentan una oxidación superficial moderada. En ningún caso se aprecia exfoliación por lo que la oxidación no representa una alteración significativa. En los herrajes se observan a nivel superficial y de forma residual restos de pintura (de color negro), de minio de plomo (de color naranja) e incluso de color gris, color con el que se fueron pintando la mayoría de los yugos.



La alteración más significativa que presentan algunos de los herrajes es que están seccionados. Todo apunta que en el momento de sustituir los yugos de madera por los metálicos se cortaron algunos de ellos por la altura de la rosca para facilitar su desmontaje (seguramente el óxido dificultó que las tuercas salieran y se optó por cortarlas con seguetas).

La mayoría de los herrajes se conservan (con cortes algunos y enteros otros). Faltan algunas de las sujeciones metálicas que unían los herrajes a los bloques de madera.

La intervención sobre el bronce de la campana *in situ* (propuesta de limpieza y estabilización):

El estado de conservación de esta campana hace necesario que se lleve a cabo una intervención más profunda sobre el bronce que la prevista inicialmente (con el criterio de mínima

intervención) a tenor de las alteraciones detectadas y a la necesidad de su estabilización para asegurar su correcta conservación.

La propuesta prioriza en este caso la conservación material del objeto frente a la recuperación del sonido del mismo (por los riesgos a los que se verían expuestas las epigrafías en las zonas que presentan alteración). Los ejes en los que se articula la intervención son: limpieza, estabilización y protección. Se descartan en este momento reposiciones de volumen.

Esquema de tratamiento del bronce que se propone:

1. Registro fotográfico y videográfico previo y de todos los procesos.
2. Estudio y caracterización de materiales constitutivos y productos de corrosión (ver el estudio de los materiales anexo).
3. Estudio del estado de conservación y determinación de las causas de deterioro de las campanas.
4. Aplicación de las fases secuenciales de limpieza.
5. Aplicación de Inhibición – pasivación y protecciones anticorrosivas.
6. Aplicación de películas protectoras.

Desarrollo del esquema de tratamiento del bronce que se propone:

1. Registro fotográfico y videográfico previo y de todos los procesos.

Como primera precaución antes de cualquier manipulación se realizará una exhaustiva documentación gráfica, videográfica, fotográfica de conjunto y de detalle. Este tipo de documentación, que el IPCE considera preceptiva, se completará con el escaneado de la campana para contar así con un registro tridimensional del objeto.

2. Estudio y caracterización de materiales constitutivos y productos de corrosión (ver el estudio de los materiales anexo). La realización de la extensa batería de análisis ha permitido caracterizar los depósitos y productos de alteración. La puntual extracción de muestras para determinar el estado de los sustratos metálicos, realizados por el Area de Investigación del IPCE, han resultado también fundamentales a la hora de determinar con precisión la metodología de trabajo.

Mayoritariamente la capa de corrosión está compuesta por capas de yeso con adherencias terrosas, entre las que aparecen diseminadas profundas picaduras de cloruros. Conservan núcleo de metal sano, en el que aparecen microfisuras producidas por procesos corrosivos de tipo bajo tensión, sobre el metal sano una densa capa de óxidos de cobre (cuprita) y sobre esta cloruros y carbonatos. Esta película tiene un grosor que oscila, según los puntos tomados en el muestreo, entre 2 y 5 mm.

En los laboratorios del IPCE se han sometido las muestras a un calentamiento de 750º. Se trata de una temperatura superior a la prevista en el proceso de restauración, de unos

400°. Se observa una fuerte contracción y se incrementa la separación de la capa de corrosión. Aparece una superficie del núcleo metálico mucho más rugosa, y proclive a la corrosión. Además las fases cristalinas del metal se transforman, modificándose características esenciales como la sonoridad.

La pérdida de la capa de corrosión en las campanas góticas, sin duda repercutiría en el adelgazamiento de las inscripciones, tratándose de bajorrelieves. Pero un metal expuesto a una atmosfera urbana marina tan agresiva (sales en suspensión, deposiciones de partículas, aerosoles, gases contaminates y corrosivos) necesita de la aplicación de un tratamiento de estabilización y protección en las superficies, que garantice su estabilidad y minimice los procesos corrosivos que están en marcha en las campanas.

3. Estudio del estado de conservación y determinación de las causas de deterioro de las campanas⁹. Causas de deterioro: El elemento en cuestión es de bronce que tiene como componente mayoritario el cobre (ver proporciones de su composición en los estudios de SGS). Las campanas se localizan en el campanario de la catedral, a escasos metros del mar y a diferentes atmosféricos. El metal expuesto a una atmosfera urbana marina tan agresiva (sales en suspensión, deposiciones de partículas, aerosoles, gases contaminates y corrosivos), después de la oxidación inicial propia del metal en contacto con el oxígeno, pasa a reaccionar con los agentes atmosféricos a los que está expuesto generando diferentes productos de corrosión en forma de picaduras que van creciendo hasta formar pequeñas áreas que tienden a desprenderse por exfoliación dejando como resultado lagunas de diferente consideración.

Las causas de deterioro, que afectan a todas las campanas en mayor o menor medida, son fruto de la reacción del material que las constituye con el medio en el que se encuentran. Desde un punto de vista global afirmamos que aunque la campana presenta alteraciones en un grosor de entre 2 y 5 mm su estado de conservación es bastante bueno, a tenor de los siete siglos de antigüedad del elemento y a las condiciones a las que ha sido expuesto durante todo este tiempo, aunque es importante minimizar los procesos de alteración para minimizar los procesos corrosivos que están en marcha y mejorar así sus condiciones de conservación.

4. Aplicación de las fases secuenciales de limpieza. Es necesario llevar a cabo una intervención de limpieza que sea capaz de eliminar los productos de corrosión que se encuentran en la superficie de la campana y que la están alterando sin dañar el soporte ni las pátinas no perjudiciales de la campana.

La composición y estado de conservación del sustrato metálico y la caracterización de los productos de corrosión con las películas de yeso, condicionan el sistema de limpieza a

⁹ Criterios generales y metodología marcados por el Plan Nacional de Catedrales, apartados C y D Carta de La Valetta 2011

utilizar. Dadas las características del soporte y de los depósitos a eliminar consideramos que los mejores resultados se obtendrán con sistemas mecánicos en seco.

Primero se realizará una aspiración general con cepillado suave de la superficie, para eliminar el polvo y suciedad depositadas.

La limpieza se realizará de manera mecánica en seco, tratando de eliminar las capas más gruesas de los depósitos de yeso. En caso necesario se reblandecerán con apósitos de algodón hidrófilo impregnados en una disolución de agua destilada con alcohol etílico al 50%.

El proceso de limpieza en sí se realizará con microabrasímetro (no con chorro) con carga inerte (en principio microesferas de vidrio de tamaño impalpable) aplicadas con la presión e inclinación precisas para eliminar películas de adherencias terrosas. Pueden probarse otras cargas abrasivas con diferentes durezas (pero siempre las más suaves), como las vegetales o las plásticas.

Si fuese necesario, se utilizarán micromotores con fresas de caucho y copas de cerdas naturales.

Se valorará la limpieza con láser en las zonas de las capas adheridas más gruesas. Láser de Nd-Yag (1064 nm) por fotoablación, aplicando la energía y frecuencia de radiación que se determinen en las pruebas previas como adecuadas. En caso necesario, se pulverizará previamente la zona a tratar con nebulización de agua destilada.

Tras ajustar los parámetros de limpieza con la realización de pruebas previas, y la elección del sistema más efectivo se empezará con la limpieza aplicando los tratamientos desde la parte más alta de manera ordenada hasta su conclusión tanto por el exterior como por el interior. El proceso de limpieza concluirá con la aplicación a brocha de alcohol en superficie (etílico o mezcla tipo mostanol) para desengrasar y secar la superficie, preparándola así para la protección.

5. Aplicación de Inhibición – pasivación y protecciones anticorrosivas.

La superficie del bronce una vez tratada y seca, se inhibirá con una doble capa de inhibición química AMT y BTA diluida al 1 % la primera y 3% la segunda en solución hidroalcohólica 1:1, aplicada a brocha. El sistema operativo secuencial es la aplicación del un primer inhibidor y tras el secado y limpieza en seco de los residuos producidos, la aplicación del siguiente.

6. Aplicación de películas protectoras: Para asegurar una correcta protección del bronce se considera necesario un sellado superficial con películas de resina sintética tipo Inralac, al menos tres capas, en disoluciones con concentraciones progresivas, la primera la menos para facilitar su penetración, al 10% en xileno o similar, la 2ª al 15% y la tercera entre el 20-30 %, en disolvente volátil (acetona). Aplicados a brocha, con sistema operativo secuencial, aplicación de una primera película y tras su secado la aplicación de la siguiente hasta concluir el proceso.

En función de la evaluación del trabajo, y el aspecto final, se considerará aplicar otra capa más de resina con similar concentración de la última, o/y añadir una película hidrófuga de cera microcristalina disuelta en white-spirit de dureza alta.

La intervención prevista en el badajo.

El badajo es otro elemento que modifica el timbre, ya que según el metal que sea, tiende a reforzar unos u otros armónicos, con resultados bien distintos. El badajo es de hierro dulce, pasado por la fragua y dejado enfriar lentamente para que no se acere y gane en dureza y por tanto en peligrosidad. Incluso, hace un par de siglos, los badajos de las campanas gordas, que seguramente tocaban menos que ahora, eran llevados cada dos o tres años al herrero, aunque estuviesen bien en apariencia, para reducir la resistencia del metal, endurecido a base de los repetidos golpes sobre la campana.

Los badajos estaban también aislados acústicamente de las campanas, mediante complicados atados, con cuerdas, con cuero o incluso intercalando pedazos de madera, de modo que el sonido de unos y otras no se interfiriese.

Por lo expresado anteriormente es preceptiva la sustitución de la badajera en material compatible, realizándola en acero inoxidable W.NR.1.4401. La intervención prevé la instalación de un nuevo badajo fabricado en hierro F1 pintado de color negro, con asa de sujeción, correa de cuero y cable de seguridad.

La intervención prevista en el yugo.

Como hemos apuntado anteriormente el fin primordial del proyecto en cuanto a las campanas es devolverle su sonido, y para ello hay que recuperar todas las partes originales. Es por ello que se sustituirá el yugo metálico actual instalado en un pasado reciente, recolocando el de madera que hasta ahora permanecía en el campanario en la “sala de los yugos”.

El criterio marcado para la conservación de estos elementos es el de mínima intervención. Se conservarán todas las partes posibles con sus respectivos acabados y recubrimientos para conservar al máximo su autenticidad, sin perder de vista por ello que a la vez que elementos de valor patrimonial se trata de elementos funcionales que están sujetos al fin último de contribuir a la recuperación del sonido de las campanas y que deben reunir los requisitos de funcionalidad y seguridad preceptivos.

Para la restauración de estos elementos se propone seguir los siguientes puntos:

1. Limpieza de la suciedad superficial mediante aspirador y brocha para poder comprobar si existen restos de recubrimientos.
2. Limpieza de depósitos de polvo adheridos con soluciones de agua desionizada-alcohol etílico (50%) previa comprobación de solubilidad (se trata de una pintura a la cal). Lo mismo para las inscripciones que presenta.
3. De forma física se retirarán las concreciones de grasa presentes realizando un tratamiento posterior con tensoactivos en la parte de los ejes que ha ido acumulando una mezcla de polvo y grasa.
4. Tratamiento de desinsectación mediante inyección de insecticida-fungicida a base de permetrina (0,7%) y propiconazol (1,2%) agujero por agujero.
5. Desmontaje de los elementos metálicos para su tratamiento.
6. Limpieza de los elementos metálicos. Limpieza de los depósitos de óxido mediante cepillado superficial con cepillos de fibra de vidrio. Eliminación de recubrimientos modernos (restos de minio) con disolventes aromáticos y de forma física con escalpelo así como restos de grasa con soluciones de agua hidrocarburos alifáticos y tensoactivos.
7. Tratamiento pasivador de los elementos metálicos mediante aplicación de una solución de ácido tánico y posterior retirada de depósitos sobrantes con humectación de hisopos con agua desionizada.
8. Tratamiento protector de los elementos de hierro mediante aplicación de resina acrílica (Paraloid B-44) en disolvente aromático al 5%.
9. Reparación funcional de los elementos metálicos seccionados. El carácter funcional de estos elementos obliga a su exhaustiva revisión. Los elementos seccionados se recuperarán mediante soldadura si ésta garantiza la seguridad de la campana. Por ello se realizarán trabajos de rebaje de la parte seccionada original con injertos del mismo material consiguiendo soldaduras lineales que trabajen correctamente a tracción para asegurar su funcionalidad. De forma puntual y justificada se podrá realizar una réplica (como estaba previsto en el proyecto inicial) de alguno de los herrajes si la opción anterior no se considerara segura. En la inspección realizada hasta la fecha parece que la totalidad de los herrajes podrán ser recuperados. Para verificar que esto es así se realizarán pruebas de soldadura con las comprobaciones y verificaciones oportunas.
10. Realización de injertos con madera de las mismas características y con resina epoxídica específica para madera para la recuperación de las pérdidas más importantes que incidan en su funcionalidad (esta intervención puede considerarse como anecdótica).
11. Tratamiento protector de la madera y revestimiento mediante aplicación de resina acrílica (Paraloid B-72) en disolvente aromático en una aplicación al 5%.

12. Posteriormente se procederá al montaje del yugo a la campana para su posterior izado y recolocación en el campanario.

La mecanización de la campana:

Para la automatización de las campanas están previstas las siguientes intervenciones:

Se instalará el sistema de bandeo/volteo electrónico 'CAMPA MOVOTRON', que imita el bandear/voltear manual por medio de un sistema de regulación y feedback muy preciso, que manda los motores eléctricos.

El sistema consiste en una forma de automatización 'suave', que no daña a las campanas y que garantiza el bandear/voltear con calidad. La instalación se complementará con la capacitación de instaladores locales para posibilitar el servicio y mantenimiento local.

La instalación permitirá la desconexión del sistema para tocar manualmente las campanas en momentos específicos, de acuerdo con la prescripción octava de la CIPH.

-Adaptación de los ejes de hierro cuadrado, para el acoplamiento del yugo de madera a los rodamientos para el soporte y bandeo de la campana.

-Montaje del yugo de madera sobre la campana.

-Colocación de refuerzos en las vigas de madera para el soporte de los rodamientos de las campanas.

-Instalación de Rueda metálica circular para el uso del balanceo mediante el motor eléctrico.

-Equilibrio de la campana en vertical.

-Instalación de un motor eléctrico, controlado electrónicamente el bandeo y boca arriba de la campana ajustado a su peso.

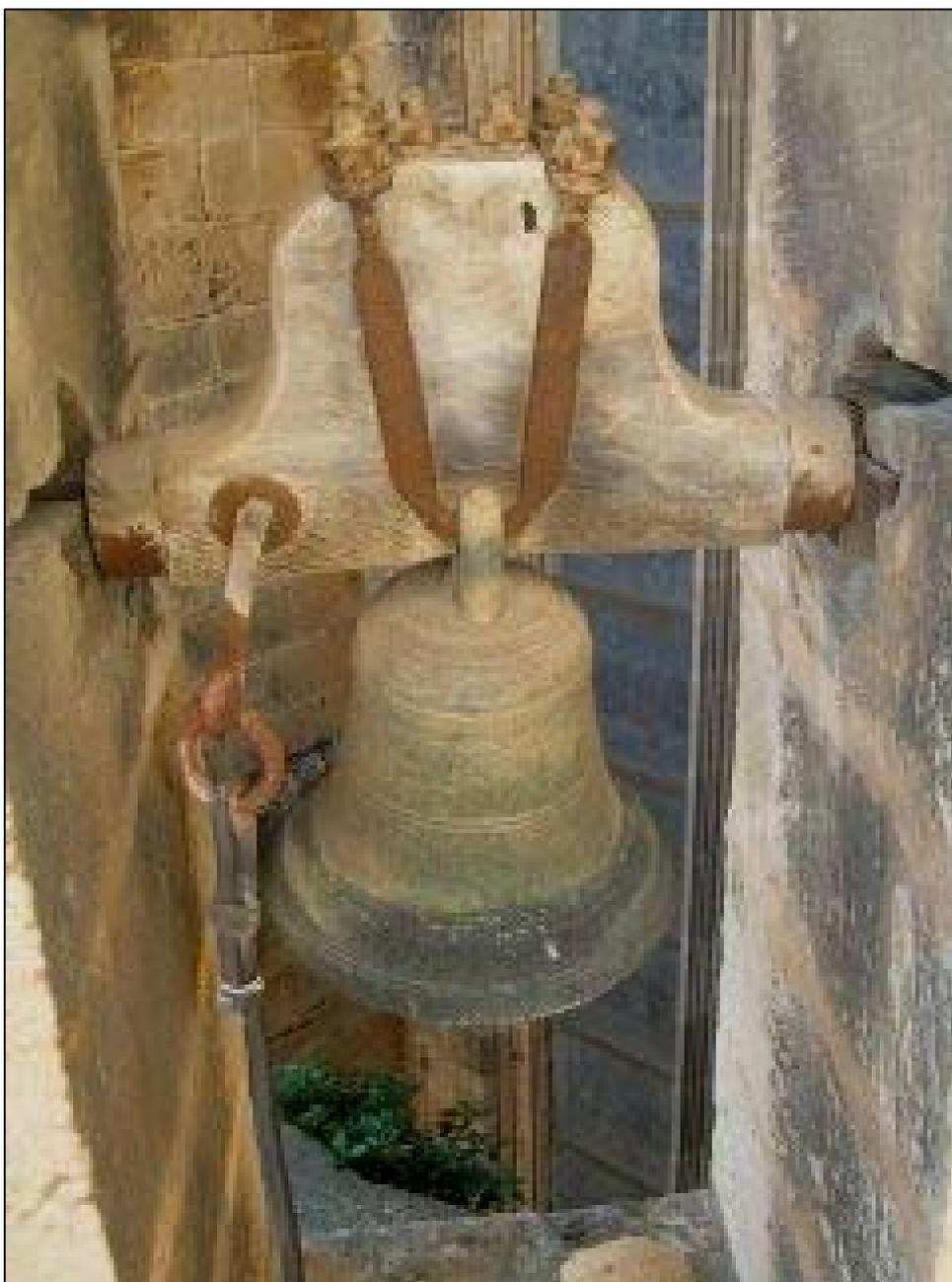
-Instalación de un electro martillo metálico para el repique de la campana.

1.3.11. Campana de senyals 1

Fundició any 1800

Diàmetre 33 cm

Peso aproximado 100 Kg



Campana de senyals 1

Descripción del objeto:

El bronce:

Materia: El vaso está realizado en fundición de bronce.

Dimensiones: El diámetro de la campana es de 330 mm y su altura es de 500 mm.

Peso: Peso estimado 100 kg.

Esta campana, junto con la otra de señales se encuentra fuera del campanario, en la espadaña sobre las terrazas de Catedral. Como parte de la documentación de la campana se aportan fotografías adicionales generales y de detalle.

En la actualidad presenta el yugo de madera por lo que se desmontará, y después de las intervenciones previstas se volverá a montar en su mismo yugo.

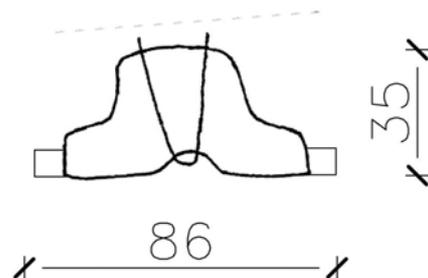
El badajo:

Presenta un badajo de hierro dulce fijado a la campana con tornillos y pletinas modernas.

El yugo:

Materia: El yugo está constituido por madera de encina escuadrada pero sin salir de la forma muy simple. Cuenta con herrajes metálicos o abarcones en este caso muy simples que sirven para sujetar la campana al yugo.

Dimensiones: Está formado por seis piezas de madera que conforman un bloque de las siguientes dimensiones: ancho superior 35 cms,



ancho inferior (con eje) 86 cms, alto 35 cms y 15 cms de grosor.

Revestimientos: La melena no presenta revestimiento (pintura) de ningún tipo.

Decoraciones-inscripciones: No presenta.

Estado de conservación del objeto:

El bronce:

Alteraciones detectadas en el examen organoléptico realizado:

-Depósitos superficiales y adheridos: Al estar a la intemperie no presenta depósitos superficiales importantes. En cambio sí presenta depósitos adheridos fruto de la reacción del bronce con los agentes atmosféricos que cubren la totalidad de la parte exterior de la campana.

-Pérdidas de volumen: No presenta pérdidas de volumen.

-Adición de elementos impropios: No presenta.

El badajo:

Como hemos apuntado la sujeción del badajo a la campana no ofrece las garantías necesarias para su seguridad. Al mismo tiempo no está colocado con la precisión debida, lo que ha producido el desgaste localizado del bronce. Los badajos son elementos funcionales que se han ido sustituyendo a lo largo de los años, cuando su desgaste heterogéneo incidía negativamente en el sonido y en la conservación de la campana y cuando simplemente por el uso se aceraban tornándose más rígidos.

El yugo:

Alteraciones superficiales detectadas en el examen organoléptico realizado:

-Depósitos superficiales y adheridos: Las diferentes partes que conforman el yugo presentan depósitos de polvo adherido. De forma localizada encontramos importantes depósitos de restos de grasa y polvo apelmazado en la parte que corresponde a los ejes, fruto del engrasado paulatino de los ejes.

La oxidación de los herrajes ha producido también tinción sobre la superficie.

Alteraciones existentes en el soporte del yugo detectadas en el examen organoléptico realizado:

La madera que constituye la estructura del yugo se encuentra en un estado de conservación aceptable, básicamente la madera de encuentra reseca y deshidratada al haber permanecido a la intemperie sin mantenimiento.

No presenta ataques significativos de insectos xilófagos.

De forma puntual encontramos fendas de secado que por su disposición y características no representan un problema para la estructura de ninguna de las piezas que conforman el yugo.

Alteraciones existentes en los herrajes detectadas en el examen organoléptico realizado:

Las piezas metálicas que forman parte del yugo uniendo las piezas de madera presentan una oxidación superficial moderada. En ningún caso se aprecia exfoliación por lo que la oxidación no representa una alteración significativa.

La intervención sobre el bronce de la campana *in situ* (propuesta de limpieza y estabilización):

El estado de conservación de esta campana hace necesario que se lleve a cabo una intervención más profunda sobre el bronce que la prevista inicialmente (con el criterio de mínima intervención) a tenor de las alteraciones detectadas y a la necesidad de su estabilización para asegurar su correcta conservación.

La propuesta prioriza en este caso la conservación material del objeto frente a la recuperación del sonido del mismo (por los riesgos a los que se verían expuestas las epigrafías en las zonas que presentan alteración). Los ejes en los que se articula la intervención son: limpieza, estabilización y protección. Se descartan en este momento reposiciones de volumen.

Esquema de tratamiento del bronce que se propone:

1. Registro fotográfico y videográfico previo y de todos los procesos.

2. Estudio y caracterización de materiales constitutivos y productos de corrosión (ver el estudio de los materiales anexo).
3. Estudio del estado de conservación y determinación de las causas de deterioro de las campanas.
4. Aplicación de las fases secuenciales de limpieza.
5. Aplicación de Inhibición – pasivación y protecciones anticorrosivas.
6. Aplicación de películas protectoras.

Desarrollo del esquema de tratamiento del bronce que se propone:

1. Registro fotográfico y videográfico previo y de todos los procesos.

Como primera precaución antes de cualquier manipulación se realizará una exhaustiva documentación grafica, videográfica, fotográfica de conjunto y de detalle. Este tipo de documentación, que el IPCE considera preceptiva, se completará con el escaneado de la campana para contar así con un registro tridimensional del objeto.

2. Estudio y caracterización de materiales constitutivos y productos de corrosión (ver el estudio de los materiales anexo). La realización de la extensa batería de análisis ha permitido caracterizar los depósitos y productos de alteración. La puntual extracción de muestras para determinar el estado de los sustratos metálicos, realizados por el Area de Investigación del IPCE, han resultado también fundamentales a la hora de determinar con precisión la metodología de trabajo.

Mayoritariamente la capa de corrosión está compuesta por capas de yeso con adherencias terrosas, entre las que aparecen diseminadas profundas picaduras de cloruros. Conservan núcleo de metal sano, en el que aparecen microfisuras producidas por procesos corrosivos de tipo bajo tensión, sobre el metal sano una densa capa de óxidos de cobre (cuprita) y sobre esta cloruros y carbonatos. Esta película tiene un grosor que oscila, según los puntos tomados en el muestreo, entre 2 y 5 mm.

En los laboratorios del IPCE se han sometido las muestras a un calentamiento de 750°. Se trata de una temperatura superior a la prevista en el proceso de restauración, de unos 400°. Se observa una fuerte contracción y se incrementa la separación de la capa de corrosión. Aparece una superficie del núcleo metálico mucho más rugosa, y proclive a la corrosión. Además las fases

cristalinas del metal se transforman, modificándose características esenciales como la sonoridad.

La perdida de la capa de corrosión en las campanas góticas, sin duda repercutiría en el adelgazamiento de las inscripciones, tratándose de bajorrelieves. Pero un metal expuesto a una atmosfera urbana marina tan agresiva (sales en suspensión, deposiciones de partículas, aerosoles, gases contaminates y corrosivos) necesita de la aplicación de un tratamiento de estabilización y protección en las superficies, que garantice su estabilidad y minimice los procesos corrosivos que están en marcha en las campanas.

3. Estudio del estado de conservación y determinación de las causas de deterioro de las campanas¹⁰. Causas de deterioro: El elemento en cuestión es de bronce que tiene como componente mayoritario el cobre (ver proporciones de su composición en los estudios de SGS). Las campanas se localizan en el campanario de la catedral, a escasos metros del mar y a diferentes atmosféricos. El metal expuesto a una atmosfera urbana marina tan agresiva (sales en suspensión, deposiciones de partículas, aerosoles, gases contaminates y corrosivos), después de la oxidación inicial propia del metal en contacto con el oxígeno, pasa a reaccionar con los agentes atmosféricos a los que está expuesto generando diferentes productos de corrosión en forma de picaduras que van creciendo hasta formar pequeñas áreas que tienden a desprenderse por exfoliación dejando como resultado lagunas de diferente consideración.

Las causas de deterioro, que afectan a todas las campanas en mayor o menor medida, son fruto de la reacción del material que las constituye con el medio en el que se encuentran. Desde un punto de vista global afirmamos que aunque la campana presenta alteraciones en un grosor de entre 2 y 5 mm su estado de conservación es bastante bueno, a tenor de los siete siglos de antigüedad del elemento y a las condiciones a las que ha sido expuesto durante todo este tiempo, aunque es importante minimizar los procesos de alteración para minimizar los procesos corrosivos que están en marcha y mejorar así sus condiciones de conservación.

4. Aplicación de las fases secuenciales de limpieza. Es necesario llevar a cabo una intervención de limpieza que sea capaz de eliminar los productos de

¹⁰ Criterios generales y metodología marcados por el Plan Nacional de Catedrales, apartados C y D
Carta de La Valetta 2011

corrosi3n que se encuentran en la superficie de la campana y que la est1n alterando sin da1nar el soporte ni las p1tinas no perjudiciales de la campana.

La composici3n y estado de conservaci3n del sustrato met1lico y la caracterizaci3n de los productos de corrosi3n con las pel1culas de yeso, condicionan el sistema de limpieza a utilizar. Dadas las caracter1sticas del soporte y de los dep3sitos a eliminar consideramos que los mejores resultados se obtendr1n con sistemas mec1nicos en seco.

Primero se realizar1 una aspiraci3n general con cepillado suave de la superficie, para eliminar el polvo y suciedad depositadas.

La limpieza se realizar1 de manera mec1nica en seco, tratando de eliminar las capas m1s gruesas de los dep3sitos de yeso. En caso necesario se reblandecer1n con ap3sitos de algod3n hidr3filo impregnados en una disoluci3n de agua destilada con alcohol et1lico al 50%.

El proceso de limpieza en s1 se realizar1 con microabras1metro (no con chorro) con carga inerte (en principio microc3sferas de vidrio de tama1o impalpable) aplicadas con la presi3n e inclinaci3n precisas para eliminar pel1culas de adherencias terrosas. Pueden probarse otras cargas abrasivas con diferentes durezas (pero siempre las m1s suaves), como las vegetales o las p1sticas.

Si fuese necesario, se utilizar1n micromotores con fresas de caucho y copas de cerdas naturales.

Se valorar1 la limpieza con l1ser en las zonas de las capas adheridas m1s gruesas. L1ser de Nd-Yag (1064 nm) por fotoablaci3n, aplicando la energ1a y frecuencia de radiaci3n que se determinen en las pruebas previas como adecuadas. En caso necesario, se pulverizar1 previamente la zona a tratar con nebulizaci3n de agua destilada.

Tras ajustar los par1metros de limpieza con la realizaci3n de pruebas previas, y la elecci3n del sistema m1s efectivo se empezar1 con la limpieza aplicando los tratamientos desde la parte m1s alta de manera ordenada hasta su conclusi3n tanto por el exterior como por el interior. El proceso de limpieza concluir1 con la aplicaci3n a brocha de alcohol en superficie (et1lico o mezcla tipo mostanol) para desengrasar y secar la superficie, prepar1ndola as1 para la protecci3n.

5. Aplicaci3n de Inhibici3n – pasivaci3n y protecciones anticorrosivas.

La superficie del bronce una vez tratada y seca, se inhibir1 con una doble capa de inhibici3n qu1mica AMT y BTA diluida al 1 % la primera y 3% la segunda en soluci3n hidroalcoh3lica 1:1, aplicada a brocha. El sistema operativo secuencial es la aplicaci3n del un primer inhibidor y tras el secado y limpieza en seco de los residuos producidos, la aplicaci3n del siguiente.

6. Aplicación de películas protectoras: Para asegurar una correcta protección del bronce se considera necesario un sellado superficial con películas de resina sintética tipo Inralac, al menos tres capas, en disoluciones con concentraciones progresivas, la primera la menos para facilitar su penetración, al 10% en xileno o similar, la 2ª al 15% y la tercera entre el 20-30 %, en disolvente volátil (acetona). Aplicados a brocha, con sistema operativo secuencial, aplicación de una primera película y tras su secado la aplicación de la siguiente hasta concluir el proceso.

En función de la evaluación del trabajo, y el aspecto final, se considerará aplicar otra capa más de resina con similar concentración de la última, o/y añadir una película hidrófuga de cera microcristalina disuelta en white-spirit de dureza alta.

La intervención prevista en el badajo.

El badajo es otro elemento que modifica el timbre, ya que según el metal que sea, tiende a reforzar unos u otros armónicos, con resultados bien distintos. El badajo es de hierro dulce, pasado por la fragua y dejado enfriar lentamente para que no se acere y gane en dureza y por tanto en peligrosidad. Incluso, hace un par de siglos, los badajos de las campanas gordas, que seguramente tocaban menos que ahora, eran llevados cada dos o tres años al herrero, aunque estuviesen bien en apariencia, para reducir la resistencia del metal, endurecido a base de los repetidos golpes sobre la campana.

Los badajos estaban también aislados acústicamente de las campanas, mediante complicados atados, con cuerdas, con cuero o incluso intercalando pedazos de madera, de modo que el sonido de unos y otras no se interfiriese.

Por lo expresado anteriormente es preceptiva la sustitución de la badajera en material compatible, realizándola en acero inoxidable W.NR.1.4401. La intervención prevé la instalación de un nuevo badajo fabricado en hierro F1 pintado de color negro, con asa de sujeción, correa de cuero y cable de seguridad.

La intervención prevista en el yugo.

Para la restauración de este elemento se propone seguir los siguientes puntos:

1. Limpieza de la suciedad superficial mediante aspirador y brocha para poder comprobar si existen restos de recubrimientos.
2. Limpieza de depósitos de polvo adheridos con soluciones de agua desionizada-alcohol etílico (50%). Para las inscripciones comprobación previa de solubilidad (se trata de una pintura-esmalte al aceite).
3. De forma física se retirarán las concreciones de grasa presentes realizando un tratamiento posterior con tensoactivos en la parte de los ejes que ha ido acumulando una mezcla de polvo y grasa.
4. Tratamiento preventivo para insectos y hongos xilófagos mediante aplicación de insecticida-fungicida a base de permetrina (0,7%) y propiconazol (1,2%).
5. Desmontaje de los elementos metálicos para su tratamiento.
6. Limpieza de los elementos metálicos. Limpieza de los depósitos de óxido mediante cepillado superficial con cepillos de fibra de vidrio.
7. Tratamiento pasivador de los elementos metálicos mediante aplicación de una solución de ácido tánico y posterior retirada de depósitos sobrantes con humectación de hisopos con agua desionizada.
8. Tratamiento protector de los elementos de hierro mediante aplicación de resina acrílica (Paraloid B-44) en disolvente aromático al 5%.
9. Tratamiento hidratante de la madera con aceite de linaza.
10. Tratamiento protector de la madera (previo secado del tratamiento hidratante) y aplicación de capa de protección a base de resina acrílica (Paraloid B-72) en disolvente aromático en una aplicación al 5%.
11. Posteriormente se procederá al montaje del yugo a la campana para su posterior izado y recolocación en la espadaña.

La mecanización de la campana:

Esta campana no va a ser mecanizada. Su uso seguirá siendo manual, dadas sus características especiales.

Están previstas las siguientes intervenciones:

-Adaptación de los ejes de hierro cuadrado, para el acoplamiento del yugo de madera a los rodamientos para el soporte y bandeo de la campana.

-Montaje del yugo de madera sobre la campana.

2. GARANTÍA Y PLAN DE MANTENIMIENTO POR PARTE DE LA EMPRESA

CASA MASSOT propone la elaboración de un **PROGRAMA DE MANTENIMIENTO** que incluirá la redacción de un **PLAN DE MANTENIMIENTO** y el desarrollo de unas **LABORES DE MANTENIMIENTO**.

El **PLAN DE MANTENIMIENTO** constará de dos partes:

- Manual de mantenimiento**
- Controles de mantenimiento**

Las **LABORES DE MANTENIMIENTO** consistirán en:

- Intervenciones de mantenimiento**
- Informes sobre las intervenciones de mantenimiento**

El Plan de Mantenimiento permitirá reducir las probabilidades de aparición de patologías, al establecer un protocolo de inspección, limpieza y renovación para cada una de las partes que integran los sistemas constructivos afectados por las obras, porque campanario de la Catedral de Mallorca en buen estado de conservación elimina peligros y aumenta la seguridad, además de envejecer más dignamente. Una vez finalizada la intervención de restauración prevista se adjuntará a la Memoria el Plan de Mantenimiento, de acuerdo con las lesiones inspeccionadas y la actuación llevada a cabo. En este documento se concretarán las pautas de los controles y de las intervenciones de mantenimiento y su periodicidad.

El **Plan de Mantenimiento** constará de dos partes:

A- Elaboración del Manual de Mantenimiento:

Este manual se irá cumplimentando con los datos, controles e intervenciones que se efectuarán durante el desarrollo de la obra y, posteriormente, durante el periodo de garantía. Se propone realizar dos copias que quedarán en depósito del organismo oficial promotor de las obras y de la empresa ejecutora, de manera que en todo momento pueda llevarse a cabo el seguimiento y cumplimiento del Programa de Mantenimiento.

B- Controles de Mantenimiento:

A partir del estudio de la documentación del proyecto, y de la descripción de los principales procesos patológicos presentes, así como de las causas desencadenantes de los mismos se pueden determinar las actuaciones más eficaces para el mantenimiento y el retraso en la aparición de dichas patologías.

A continuación se enumeran algunas de las comprobaciones a realizar, que se describirán de forma detallada en el documento final:

Campanas:...	Lesiones en labio, sujeción correas
Culatas: abarcones	Ataques por xilófagos, estabilidad de los
Badajos:	Sujeción al núcleo, lesiones en labio, oxido
Ejes, rodamientos:	Engrase, desgaste piezas, oxido
Mecanismos eléctricos:	Programación central autómatas
Cuadros de mando y protección:	Comprobación de seguridad

Actuaciones de mantenimiento.

Seguidamente relacionamos las distintas actuaciones de mantenimiento a desarrollar vinculadas a los correspondientes controles establecidos por el PLAN DE MANTENIMIENTO. Estableceremos una periodicidad ANUAL de ejecución y evaluación de controles.

CONTROLES DE MANTENIMIENTO	INTERVENCIÓN DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA
CAMPANAS		
Comprobación de holguras	Control y ajuste de holguras	1 vez al año
Lesiones en labio	Revisar ejes, ajuste programación	1 vez al año
Grietas	Localización de posibles grietas en el bronce	1 vez al año
CULATAS		
Ataques por xilófagos	Tratamiento específico insecticida	4 veces al año
Alteración de la madera	Imprimación con cera protectora	1 vez al año
Estabilidad abarcones	Reapriete tuercas, sustitución si pierden la capacidad resistente.	4 veces al año
Abarcones	Revisión de pintura y tratamiento de oxido y repintado	1 vez al año
BADAJOS		

Alteración maza	Registrar pérdida de masa	1 vez al año
Sujeción al núcleo	Registrar pérdida de masa	1 vez al año
Metal	Revisión de pintura y tratamiento de oxido y repintado	1 Vez al año
EJES, RODAMIENTOS....		
Ajuste piezas	Verificar en movimiento	1 vez al año
Corrosión y engrase	Revisión y engrase,	4 veces al año
EJES, RODAMIENTOS....		
Metal	Revisión de pintura y tratamiento de oxido y repintado	1 Vez al año
CUADROS DE MANDO Y PROTECCIÓN		
Programación toques	Revisión rutinaria	2 veces al año
Precisión bandeo	Revisión rutinaria	1 vez al año
Mantenimiento	Realización de copia de seguridad de central automática y motores	1 vez al año
MECANISMOS ELÉCTRICOS		
Alteraciones, calentamiento conductores	Verificar pérdida tensión, verificar motores	2 veces al año
Alteraciones por humedad y aporte salino	Desalación y protección contra oxidación, sin aporte de agua	2 veces al año

Compromisos contraídos contractualmente por la empresa instaladora:

Casa Massot se compromete a ofrecer una mantenimiento en programación del autómeta, para siempre, sin fecha de finalización:

Modificación de toques

Modificación del calendario

Programación de las funciones de la central

Programación de control en los motores electrónicos

Redacción de informes

Las **Labores de Mantenimiento** consistirán en:

A- Intervención de mantenimiento:

Al igual que en el resto de las obras llevadas a cabo por CASA MASSOT, el personal especializado que efectúe las labores de restauración será el encargado de realizar los trabajos de inspección, repaso y mantenimiento de los sistemas constructivos afectados por las obras durante el período de garantía, al ser quienes mejor conocen el estado en el cual se han llevado a término todos los trabajos realizados.

Estas labores de mantenimiento se realizarán siguiendo el detalle reflejado en los Controles de Mantenimiento de cada uno de los sistemas afectados por las obras, comprometiéndose a la sustitución de los elementos que puedan presentar algún tipo de defecto no imputable a un uso inadecuado o deterioro intencionado.

B- Informes detallados de las labores de mantenimiento

Cada vez que se efectúe una inspección, según el detalle reflejado en los cuadros previos correspondientes a los Controles de Mantenimiento de cada uno de los sistemas afectados por la intervención, se realizará un informe acompañado de documentación fotográfica donde se detallarán las comprobaciones y labores realizadas. Este informe será elaborado por el Técnico a cargo de la restauración, en colaboración con el personal encargado de realizar el mantenimiento del campanario.

2.1.1. GARANTÍA, ESQUEMA DE TRABAJO Y SEGUROS

Tanto la intervención como los trabajos auxiliares de transporte y manipulación están cubiertos por las correspondientes acreditaciones de la fundición Lachenmeyer para realizar el trabajo ofertado, como los correspondientes seguros y permisos de exportación (en trámite). Se incorporan a continuación los justificantes de cada uno de ellos.

Equipo técnico

Arquitectos:

Enric Taltavull Femenías y Sebastián Gamundí Boscana del equipo técnico de la Catedral de Mallorca.

Arquitecto Técnico:

Bartomeu Bennassar Mas, del equipo técnico de la Catedral de Mallorca.

Conservador-Restaurador (fase de intervención):

Miquel Vidal Femenies.

Arqueóloga:

Francisca Torres Orell

ASESORES

INFORME HISTÓRICO-ARTÍSTICO. Professora d'història de l'art i investigadora principal del Grup de Conservació del Patrimoni Artístic Religiós. Universitat de les Illes Balears, **Mercè Gambús Saiz**

ESTUDIO DE EPIGRAFÍAS Y DECORACIÓN. Elvira González Gonzalo, Doctora en Historia del Arte y Arqueóloga

Palma de Mallorca, 12 de diciembre de 2013