

La intervención de conservación-restauración
en la escultura “El Giraldillo”



La intervención de conservación-restauración en la escultura “El Giraldillo”

Las informaciones derivadas de los resultados de los estudios efectuados en la fase cognoscitiva, han permitido definir y poner a punto una metodología específica de actuación que responde a los problemas inherentes de una escultura de bronce a la intemperie, como es El Giraldillo, y con una historia material en cuanto a modificaciones y “reparaciones” nada desdeñable.

La fase operativa, que se describe en este capítulo del libro, es referida a la intervención que se realizó en la “materia” de la escultura, el bronce tomando en consideración su doble funcionalidad: soporte de la escultura, “*materia-soporte*”, y soporte estético de la imagen, “*materia-aspecto*”. Considerando la obra en su conjunto, es decir, el bronce como soporte e imagen con todos y cada uno de los elementos complementarios que la conforman en su morfología actual, con objeto de volverle a restituir una integridad a la obra en relación con la función que desempeña.

8.1. Criterios de actuación:

La intervención de conservación-restauración en esta escultura comprende la aplicación de los tratamientos puestos a punto y definidos para la problemática que presenta cada una de las piezas que la conforma que son las siguientes: Escultura, (S XVI), Lábaro, (S XVIII), Tinaja, (S XVI), Peana, (S XVI), Palma, (S XVIII) y Banderín, (S XX).

Los criterios específicos seguidos en la intervención de la escultura en su conjunto se han delimitado en base al marco jurídico y a la normativa internacional existente, adecuándose, evidentemente, al caso concreto y a la problemática de El Giraldillo.

En relación al conjunto de la obra, el objetivo de la intervención ha sido la conservación de la escultura y de los elementos que la acompañan: lábaro, peana, tinaja y palma.

- En la actuación se han respetado las aportaciones de épocas anteriores, salvo aquéllas que evitaban una lectura clara de la superficie de la estatua. Se han eliminado los denominados apósitos (chapas de cobre colocadas por su creador, Bartolomé Morel, para solventar las deficiencias de la colada), la tapa con el ángel colocada en la zona del pecho tapando el acceso al interior y a la estructura interna de hierro, colocada en el siglo XVIII en sustitución de la original (de la que sólo se ha encontrado un fragmento muy pequeño situado en el interior del paño en el hombro izquierdo). Todas estas piezas se han documentado y depositado en el Cabildo Catedralicio.
- Se ha evitado efectuar reconstrucciones estéticas en la escultura; las reposiciones se han circunscrito únicamente al relleno de lagunas, empleando piezas de bronce de la misma composición que el original, con objeto de conferirle mayor estabilidad y una mejor lectura.
- Se han realizado adiciones con materiales debidamente ensayados y probados para el sellado de grietas, fisuras y microfisuras en la superficie de la escultura, ya que esta actuación se consideraba necesaria para poder garantizar su mantenimiento futuro.
- En la intervención realizada se han empleado técnicas y materiales debidamente probados, que permiten que en el futuro se pueda efectuar una actuación conservativa o de restauración.
- En la intervención efectuada se han considerado todo los parámetros y condicionantes que permiten el regreso de la obra a su ubicación original cumpliendo su función de veleta, condición esencial para respetar su integridad histórica.

En relación a su aspecto estético “bronce-imagen”

- Se han respetado las pátinas presentes en todas las zonas de la escultura, eliminando sólo aquéllas que suponían un riesgo de corrosión activa.
- La limpieza se ha realizado tras efectuar diversas pruebas, que han permitido definir el nivel que se debía alcanzar, los produc-

Sergio Angelucci
Raniero Baglioni
Ana Bouzas Abad

*Instituto Andaluz del
Patrimonio Histórico*

(Foto página anterior: José Manuel Santos)

tos y la metodología más adecuada, para así evitar llegar a la superficie de la materia.

- En la reintegración de lagunas y desgastes se ha optado por la utilización de materiales inertes, respetando los límites de la integración. También se han empleado piezas metálicas realizadas con la misma composición del bronce de la escultura. En ambos casos, ambos materiales están perfectamente diferenciados, próximos en tonalidad y claramente distinguibles a simple vista.

En relación a su aspecto funcional "bronce-soporte"

- En el remontaje de fragmentos se han empleado materiales no oxidables, tornillos para la sujeción de estructuras de sostén y de roblones de bronce compatibles con la materia de El Giraldillo para la sujeción de duelas.
- Los materiales empleados en la reconstrucción de lagunas son compatibles y afines a las características físico-químicas del soporte.
- Las nuevas inserciones realizadas con fines estético y conservativo en la estructura interna o en el soporte se han realizado sin alterar ni modificar la materia observable en superficie.

8.2. Estado de conservación de la escultura

El diagnóstico de la escultura se realiza a partir de una **metodología de estudio** específica y adaptada a sus características y a la problemática que presenta. Su objetivo no es otro que individuar los parámetros de interés necesarios para la correcta definición y aplicación de la tecnología de tratamiento más adecuada, para ello se han realizado los siguientes estudios y acciones:

- Inspección visual de la escultura a simple vista con luz normal, luz transmitida y luz rasante.
- Inspección general con iluminación ultravioleta (UV).

- Inspección general con iluminación infrarroja (IR).
- Inspección general con lupa estereoscópica binocular (40x a 300x).
- Estudio gammagráfico.
- Estudio endoscópico del interior de la cabeza y del cuerpo de la escultura.
- Elaboración de la cartografía temática de: datos técnicos, intervenciones precedentes, alteraciones, chapas o apósitos, reintegraciones cromáticas, reintegraciones volumétricas, agresiones antrópicas, etc.
- Documentación fotográfica general y de detalle.
- Evaluación y puesta a punto de técnicas y productos de tratamiento: para la eliminación de intervenciones anteriores, limpieza química y limpieza mecánico-manual, eliminación de sales solubles, inhibidores, pátinas químicas en frío, protectivos, etc.
- Implementación de los resultados de todos los estudios de caracterización de materiales, productos de alteración o de la evaluación de los productos de tratamiento (Véase capítulos nº 4 y nº 6), y que afectan, directa e indirectamente, en la definición y realización de los tratamientos.

Esta escultura realizada a la cera perdida por el método directo, fue fundida en una sola colada de bronce, como era habitual en la época, e incluía el armazón metálico de hierro (armazón que fue sustituido en 1770 debido al mal estado en que se encontraba).

En general podemos decir que las alteraciones que presentaba fueron la consecuencia de su manufactura, del envejecimiento de los materiales a lo largo del tiempo, ayudado por las diversas intervenciones que se realizaron a lo largo de su historia.

Una vez que la escultura y todos sus elementos, peana, tinaja, palma, banderín y lábaro, llegan al Taller de Arqueología del Instituto, comienza nuestra intervención con un exhaustivo examen visual de cada una de las piezas en el que se implementan los

1. Acuerdos adoptados en la reunión de la Comisión Técnica que tuvo lugar del 18 al 22 de octubre de 1999.

exámenes técnicos (Véase capítulo nº 3). Este examen global se efectúa tanto por su exterior como por su interior, y se acompaña de una profusa y detallada documentación textual, gráfica y fotográfica, que deja constancia del estado de cada detalle, pieza o del conjunto de la obra.

A partir de este estudio se realiza un análisis y una evaluación de las patologías con objeto de definir el diagnóstico y en consecuencia, la propuesta de intervención. En este diagnóstico se interrelacionan la técnica de ejecución, y las alteraciones derivadas de ella, el envejecimiento natural de los materiales constitutivos, su funcionalidad, su manipulación, y las intervenciones sufridas durante los más de cuatrocientos años que la estatua llevaba en la torre, para así poder tener una visión global del verdadero estado de conservación, apoyándose el equipo para ello, en los estudios documentales existentes.

Durante la primera fase del proyecto¹ se seleccionaron los primeros materiales a caracterizar, efectuando el primer muestreo que incluía diferentes tipos de pátinas, tomando como criterio su tonalidad; muestras de tierra de fundición; productos biológicos como deyecciones de aves; materiales empleados en las reparaciones como la belzona, líquido penetrante, etc., o la aleación original de la estatua.

A continuación se describen las patologías detectadas en cada uno de los elementos que conforman la escultura de “El Giraldillo”.

8.2.1. La escultura

La escultura realizada en bronce a la cera perdida pesaba 1384 kg, incluido el peso de la estructura de hierro, y su altura es de cuatro metros y treinta y cinco centímetros.

En el diagnóstico efectuado se diferenciaron las patologías derivadas de las actuaciones hasta el S. XX y las posteriores a esta

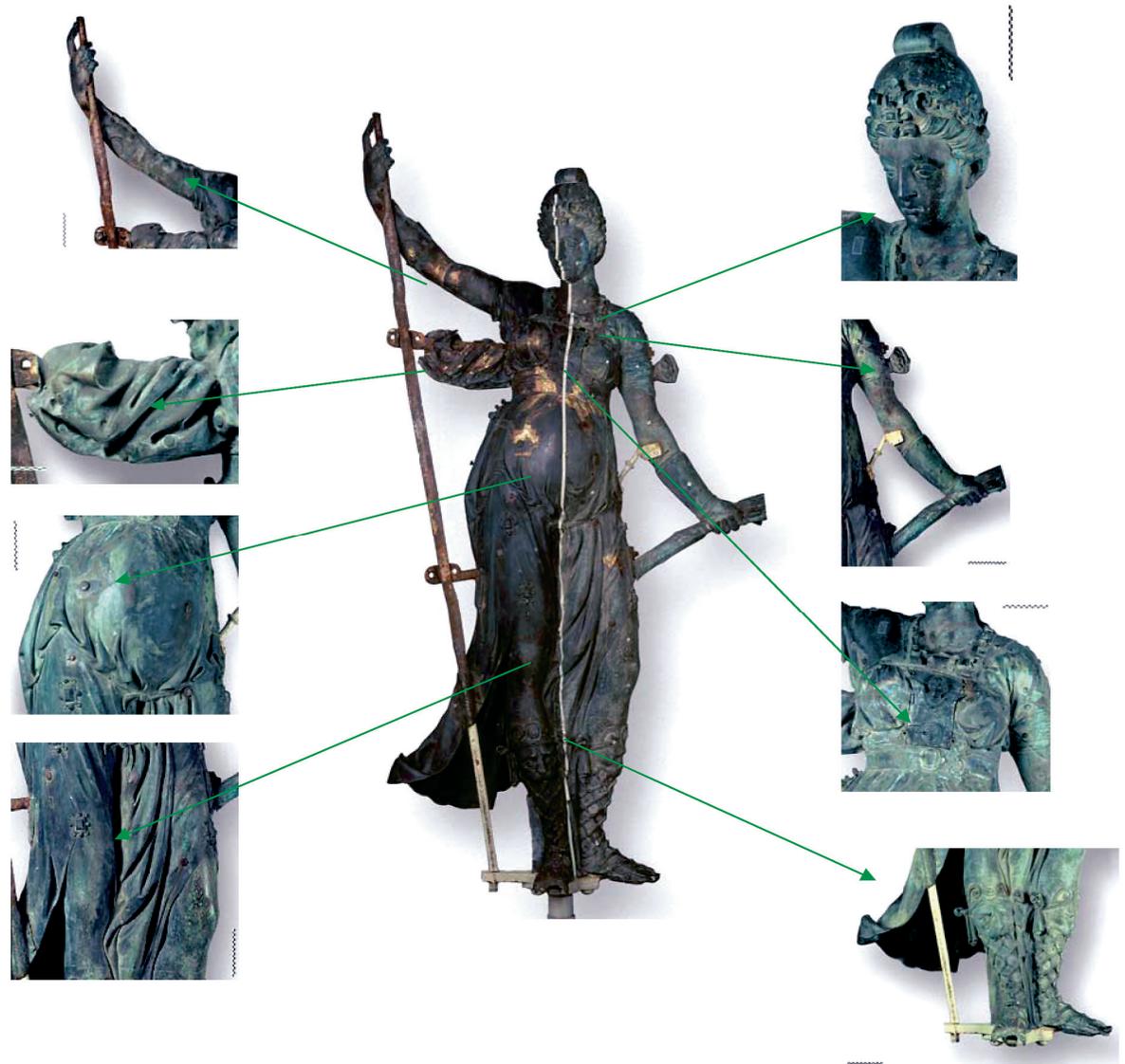


Figura 8.1. División de la escultura en secciones para la elaboración de la cartografía temática.

(Fotos: José Manuel Santos, montaje Ana Bouzas Abad)



Figura 8.2. Secuencia de la zona de la cadera. Se pueden apreciar los daños que existían debajo de las chapas de cobre, las antiguas intervenciones con plomo y las sedes preparadas para recibir injertos de bronce para cerrar la grieta. (Fotos: Ana Bouzas Abad)

fecha. En principio se evidenciaron todos los datos técnicos (orificios originales, huellas de herramientas, defectos de fundición, dimensiones, etc.) y las intervenciones que había realizado Bartolomé Morel una vez fundida la escultura para disimular sus defectos, con chapas de cobre. Para ello utilizó roblones, anclajes externos e internos, refuerzos e injertos en sedes realizadas en ese momento. También se determinaron las reintegraciones volumétricas y cromáticas, adhesivos y restos de moldeo de factura más reciente.

Las alteraciones del bronce y de la estructura de hierro consistían en lagunas, pérdidas de volumen, deformaciones estructurales, fracturas, grietas, fisuras, perforaciones roscadas y lisas, incisiones, cortes intencionados, ralladuras, abrasiones, desgastes y agresiones antrópicas.

Se observaron diferentes tipos de anclaje, como tornillos de cabeza redonda y hexagonal; los más grandes, que produjeron escorrentías de óxido de hierro en la superficie del bronce, eran los que anclaban las duelas de hierro colocadas en la superficie interna de la escultura adaptándose a su morfología. Se estudiaron todas estas patologías y se compararon con los datos documentales, para ver la evolución de estas alteraciones a lo largo de los cuatro siglos que la escultura llevaba en la torre. Para ello se planteó, dada la gran extensión de la escultura, un método

de trabajo dividiendo la figura en zonas, para poder reflejar con detalle todas las actuaciones y patologías (Figura 8.1.)

Muy importante fue la fase de estudio y documentación de las chapas de cobre o, como se han denominado durante la realización de esta intervención, “apósitos” que se habían utilizado para recubrir los defectos de fundición de la escultura o para reforzar las zonas más débiles, los cuales estaban perfectamente localizados en la cadera izquierda, los brazos, los hombros, los pies y el manto.

También se debe apuntar que los fallos de ejecución encontrados en la escultura no son los únicos que han provocado problemas en ella, ya que al no realizar la función del giro completamente, por la inclinación del vástago de hierro donde se sustentaba, se produjeron daños por efecto de la torsión que han podido afectar al bronce.

El estudio de la intervención de los años ochenta del pasado siglo planteó una problemática diferente, ya que durante su realización se cree que se retiraron parte de las intervenciones históricas, realizadas por Bartolomé Morel (Figura 8.2.). En ese momento se intervino para subsanar una serie de problemas que presentaba la escultura. En ese momento se determinó que el principal problema de la estatua era el extenso agrietamiento que se observaba en su superficie y la presencia de porosidad que se concentra en ciertas zonas.

Los procesos de restauración de esta intervención se centraron en el tratamiento y unión de esas grietas y fisuras. El procedimiento que se siguió fue el uso de soldadura heterogénea fuerte, utilizando varilla de latón (Brasol recubierta con fundente S.E.O.). Este tipo de soldadura supera los 600°C, lo cual produce la exudación del plomo.

Esta actuación dejó las zonas intervenidas un tanto frágiles y debilitadas. Las soldaduras que se aplicaron fueron, en general, de factura grosera. Las zonas intervenidas son la parte posterior a la altura de las nalgas en su lado izquierdo, lateral izquierdo a la altura del muslo, la zona del cinturón que está parcialmente

reconstruido, las grietas soldadas por debajo del mismo y en el abdomen, en el torso, el pecho derecho está soldado en la zona central y llegando hasta el brazo. Se reforzó la palma que se hallaba prácticamente suelta, se soldaron los dedos a su pie, y se sellaron con la misma soldadura de latón las grietas que presentaba toda la superficie de la escultura. (Figura 8.3.)

La espalda de la escultura se hallaba soldada en toda su extensión, mostrando agrietamientos y agujeros en la propia soldadura. También se intervino en el cuello, que presentaba una grieta que estaba soldada parcialmente, siendo más evidente en su lado izquierdo. El brazo derecho presentaba soldaduras en el antebrazo y en el codo, y se apreció que esta intervención reciente se había agrietado así como la Belzona que la enmascaraba.

El nudo de tela que se encuentra a la derecha de la estatua a la altura del cinturón se había soldado tanto por su parte anterior como posterior. En los casos en que la soldadura no se efectuó correctamente, quedaron agujeros en las zonas de unión con el bronce; estos defectos fueron cubiertos con la resina epoxídica igualmente.

En este elemento se reintegró el volumen en la intervención de los ochenta. Esta pieza estaba abierta por su parte superior para poder manejar el vástago horizontal que atravesaba El Giralillo, y que formaba parte de la antigua estructura de hierro. Para recuperar la forma externa de este nudo se utilizó arcilla cruda y posteriormente se aplicó la resina epoxídica. La arcilla, una vez seca se disgregó y se depositó en el interior del nudo.

También se rellenaron los agujeros que se encontraban por toda la superficie de la estatua con dicha resina, ya que al quitar las chapas de cobre originales o apósitos que tapaban los defectos de la fundición que realizó Bartolomé Morel, quedaba la escultura sin ninguna protección frente a los agentes atmosféricos.

Las piezas de hierro forjado, que conforman la estructura interna y las duelas que recorrían la superficie interna del bronce, habían

sido tratadas con minio de plomo al aceite, así como el bronce en su cara interna. Las externas, como el vástago del lábaro, fueron recubiertas con diferentes capas de pintura, de color marrón y blanco, así como los que servían de anclaje externo, las grandes cabezas de tornillos.

Éstos, al haber desarrollado productos de corrosión por su mala conservación, habían provocado tinciones férricas en la superficie del bronce. Esta estructura interna y las duelas se encontraban bastante deterioradas debido a su contacto con el bronce, ya que, al estar en contacto dos metales de diferente potencial de reducción se produce una alteración denominada corrosión galvánica.

La figura presentaba igualmente numerosos agujeros de nueva factura que se encontraban también rellenos de belzona o colmados de latón o plomo. También se cubrió el doble cinturón que sujeta la vestidura de la imagen y se cerró el agujero del pecho con la misma resina epoxídica. Pese a todo lo dicho, podemos concluir que, en general, la escultura estaba en un buen estado de conservación teniendo en cuenta el tiempo que llevaba expuesta a los agentes atmosféricos.

8.2.2. La peana

El trabajo de fundir esta peana o repisa de bronce fue encargado también a Bartolomé Morel. La documentación escrita que hay en relación con este elemento, aparece reflejada en los libros de Mayordomía, Adventicios y Gastos.

La pieza está fundida en bronce, a la cera perdida, y realizada con dos fundiciones diferentes. Este elemento está formado por un disco de setenta y ocho centímetros de diámetro con un agujero en el centro de la cara superior de veinticuatro centímetros y medio por donde penetra el vástago que sustenta la escultura. La cara inferior de la pieza presenta cuatro ménsulas, que le sirven de soporte. Estas cuatro piezas posiblemente se han fundido por



Figura 8.3. Soldaduras de la zona del vientre antes y una vez eliminada la resina epoxídica (Belzona)

(Fotos: José Manuel Santos. Ana Bouzas Abad)



En la documentación fotográfica existente se localizó la imagen que mostraba que, en la intervención realizada en los ochenta, se cortó esta pieza por su parte superior para estudiar el vástago de hierro que la atraviesa y donde se inserta la escultura. Luego se soldó la parte cortada como mostraron las gammagrafías realizadas a dicha pieza en el IAPH. (Figura 8.4)

8.2.3. La tinaja

Este elemento de forma casi esférica se ubica debajo de la peana, mide 116,5 cm de diámetro y su peso es de 280 kg. Está abierta por la parte de arriba con un hueco de forma cuadrangular de 23 x 23 cm y en la parte de abajo la abertura es de diámetro aproximado de 23 cm. Tiene una pequeña puerta cuadrada con herrajes de hierro que mide 33,5 x 23,5 cm que serviría para acceder a su interior, y así poder realizar un mantenimiento del eje de hierro.

Esta pieza no tenía grandes alteraciones estructurales, pero sí muchas superficiales. Presentaba depósitos de suciedad y grandes manchas de óxidos de hierro, consecuencia de la oxidación de la estructura interna de hierro de la escultura. En la parte de arriba tiene una grieta de poca entidad, consecuencia de su fundición. También se detectaron después de la limpieza, numerosos añadidos o aportaciones de material por toda la superficie. En general la pátina que presenta la superficie debajo de todos los depósitos superficiales es bastante homogénea. (Figura 8.5)

8.2.4. El lábaro

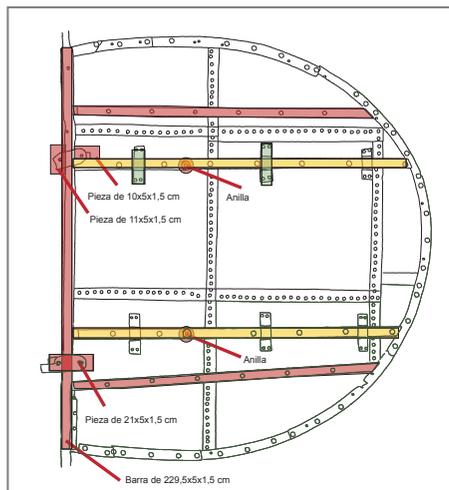
La escultura sostiene con la mano derecha este elemento, cuyo mástil está inclinado y unido a la estructura interna por tres puntos. La parte superior de este mástil, cuando sale por la mano derecha, adopta una posición recta, vertical, que permitió instalar el denominado banderín, veleta más pequeña, antes del remate

separado y añadido después por medio de soldadura. Su altura es de veinticinco centímetros y el peso es de 12 arrobas y 15 libras² (207,024 kg). No tiene fracturas ni fisuras, sólo pequeñas microfisuras.

La repisa o peana presentaba un buen estado de conservación. Las patologías que mostraba eran depósitos superficiales de diferente naturaleza: una capa amarillenta de óxidos de hierro producto de la oxidación de la estructura interna de la estatua, restos de pintura y restos de silicona del molde realizado, escayola, depósitos orgánicos y se detectó presencia de cloruros. En el interior presentaba tierras adheridas del alma de fusión, y también se apreciaban taladros en la cara inferior.

El bronce presenta muchos poros y coqueas producidos en el momento de la fundición sobre todo en la parte inferior y en los bordes de unión de la cara superior e inferior. La superficie presenta huellas de herramientas de trabajo y restos de soldadura de plomo. Esta soldadura en su interior se detectó durante la limpieza, por lo que se realizó una gammagrafía en la que se apreció que esta pieza había sido intervenida.

Ésta, al igual que el interior de la escultura y la tinaja, conservaba todavía en su interior parte de la tierra empleada para realizar la fusión, ya que todas estas piezas se realizaron a la cera perdida.



Datos técnicos		Intervenciones anteriores	
Elementos metálicos		Elementos metálicos	
 Remaches	 Anillos existentes internos	 Tornillos (algunos rotos y/o hexagonales)	 Perforaciones (trouilles y tal)
 Refuerzo año 1982/83			

Figura 8.4. Estado de la peana en la intervención de los ochenta. Se retiró una parte de ella para observar el interior del vástago de hierro. (Foto: José M^a Gallardo)

Figura 8.5. Foto de la tinaja antes de la intervención. (Fotos: José Manuel Santos)

Figura 8.6. Dibujo de la parte trasera del lábaro con los elementos de refuerzo. (Autora: Ana Bouzas Abad)

2. 1 arroba = 25 libras = 11 Kg. y 502 gr./ 1 libra = 16 onzas = 460 gr./ 1 onza = 287 decigramos

en forma de cruz. En el siglo XVIII se añadió un eje supletorio que sostiene una tercera bandera, que fue repuesta en el año 1981.

El lábaro tiene un peso de 190 kg, y está formado por 8 placas de diferentes tamaños de 4 mm de espesor. Están superpuestas unas a las otras y unidas entre ellas con remaches de cobre. En dos de estas planchas hay dos anillas de hierro sujetas mediante tuercas de hierro por el reverso de la pieza. Todas las piezas están a su vez sujetas para formar una única superficie, por medio de 5 planchas estrechas y del mismo grosor que las que forman la superficie del lábaro, que se van ajustando a su perímetro. La parte posterior tenía tres refuerzos de hierro para fortalecer la superficie, dos horizontales y uno paralelo al mástil en el borde izquierdo del lábaro. (Figura 8.6)

El lábaro, se sustentaba en un mástil de hierro que tenía contacto con la escultura en cinco puntos: la mano derecha, el extremo de la cruceta principal de la estructura (zona del pecho), el travesaño de la zona central que también forma parte de la estructura (cadera), el vuelo de la falda y la base de los pies que descansa sobre una pieza de hierro que gira alrededor del perno. Parece estar realizado en cobre bastante puro y su estructura revela que el material fue trabajado en caliente, con un tratamiento posterior en frío. Este lábaro que ha llegado hasta nuestros días no es el original que se realizó a la vez que la escultura en 1568, sino que lo reemplazó en 1770.

El lábaro según consta en la documentación consultada³ fue intervenido en los años 80/81:

“La actuación fue más radical. En la más grande, además de reparar cuantas roturas y fisuras aparecían, incluidas un par de limpias perforaciones de bala, localizada una de ellas en el nervio del borde, sustituimos la pieza adosada al mástil y añadimos por el reverso, otros dos travesaños perpendiculares a aquél, siguiendo las juntas principales de sus chapas mayores.”

Por tanto se añadieron elementos para reforzar la superficie del lábaro, uno vertical paralelo al mástil, dos perpendiculares y dos paralelos a los refuerzos originales, y sujetos con sus correspondientes tornillos con tuercas hexagonales hasta un total de veintiuno. También en la zona del elemento paralela al mástil se han añadido 13 tornillos con tuercas hexagonales, diez de ellos para sujetar una pequeña pletina de bronce en la parte central y los otros tres quizás para cerrar orificios originales dejados por antiguos remaches.

Su estado de conservación era bueno. Tenía depósitos superficiales, restos del molde que se realizó a la escultura (escayola), tinciones de óxidos de hierro de las anillas que estaban en las chapas centrales, puntos negros muy pequeños distribuidos por toda la superficie que son restos de pintura aplicada a alguno de los elementos del conjunto, etc.

En la zona vertical del lábaro, donde se cambió el elemento de hierro original por otro de acero inoxidable, en la última restauración de los años 80/81, se observan huellas producidas por el recalentamiento de la superficie de cobre, debido probablemente a la soldadura realizada para unir las piezas de acero por el reverso de la bandera.

También se observa en la zona donde la chapa se dobla para envolver el vástago de hierro, un cordón de soldadura para reforzar esta zona. Esta parte de la chapa que rodea el elemento de hierro, está completamente fragmentada. La alteración se debe nuevamente a la corrosión galvánica.

8.2.5. El banderín

Esta pequeña pieza se sitúa encima del lábaro y es original del siglo XVI. No presentaba alteraciones estructurales pero sí una elevada cantidad de depósitos superficiales, así como restos de pintura blanca y marrón en los herrajes de hierro por donde se inserta en el vástago del lábaro, que también estaba pintado con las dos

3. TURRIS FORTISSIMA. Documentos sobre la construcción, acrecentamiento y restauración de la Giralda. Segunda parte. CRÓNICA. Apartado once. Pagina 77. A. JIMÉNEZ Y J.M. CABEZA, Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Sevilla, Sevilla, 1988.

4. TURRIS FORTISSIMA. Apéndice documental. Año 1782, páginas 279-281. Apartado 386.

Figura 8.7. Banderín antes de su tratamiento de limpieza. (Foto: José Manuel Santos)

Figura 8.8. Cartografía temática de diferentes zonas de la escultura. (Autora: Ana Bouzas Abad)



mismas pinturas. En algunas zonas se han encontrado capas de cuprita y tenorita y en otras zonas carbonatos de plomo. (figura.8.7)

8.2.6. La palma

Así como la escultura sostiene con la mano derecha el lábaro, su mano izquierda soporta este elemento. Esta pieza está fundida en bronce y pesa 98 kg, pero no es la original, ya que aquella se sustituyó por la actual en el año 1782⁴.

“La Palma antigua pesaba doce libras y la que se hizo nueva de metal esta sujeta con sus tornillos a la barra YHJ quedando expedita o libre para armarse y desarmarse con la misma facilidad que la Bandera habiendosele aumentado para el equilibrio de la Estatua hasta el peso o ocho arrobas y quince libras”

El estado de conservación de este elemento era bueno pero presentaba diferentes patologías: pátina no homogénea, depósitos

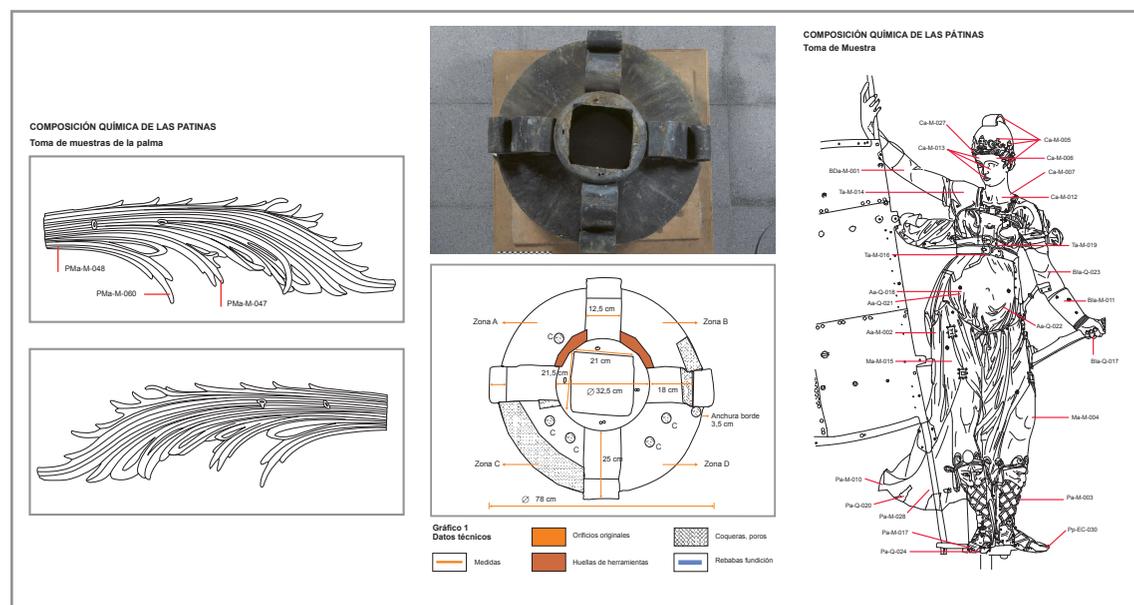
de suciedad, manchas de origen orgánico e inorgánico, presencia de sales solubles, agresión antrópica, etc. Esta pieza llegó al IAPH seccionada después de su bajada de la torre, y ha tenido que ser tratada para recuperar su unidad (Capítulo 7, Intervención mecánica).

8.3. Intervención de conservación-restauración

La aplicación de la metodología descrita y el análisis de la documentación generada, y de la información en ella comprendida, nos permitió establecer el estado de conservación de la estatua. Se pudo comprobar, además de las alteraciones visibles a simple vista, la gran cantidad de alteraciones ocultas o no visibles con luz normal, poniéndose en evidencia, sobre todo tras el estudio de las gammagrafías, las numerosas grietas, fisuras, micro-fisuras, injertos, aportes de otros materiales, poros de diversos tamaños, y pérdidas de volumen que tenía la escultura. Todas estas alteraciones no se apreciaban ya que se habían cubierto con resina epoxídica, o con los apósitos que ya hemos mencionado.

Paralelamente, se evaluó la tecnología de tratamiento más adecuada, mediante la realización de diferentes tests para definir el método de limpieza de la escultura y de remoción de materiales de reposición. Los resultados de estos tests posibilitaron elegir el método más adecuado: mecánico, químico o mixto, en función de la zona, o del material a limpiar o eliminar. También se realizaron pruebas de los materiales empleados para el sellado, para aplicación de patinas químicas y protección final de la escultura. Para ello se consultó una amplia bibliografía sobre bronce monumentales expuestos al aire libre, de donde se extrajeron las mejores propuestas y los resultados más adecuados para la intervención en este tipo de piezas de características tan particulares.

De igual forma se tomaron muestras de la superficie de la estatua, peana, tinaja, lábaro, palma, y banderín, para analizar los



depósitos de suciedad acumulados y los tratamientos superficiales que se habían aplicado en la intervención que tuvo lugar en los años ochenta. Los resultados de los estudios preliminares aportaron los datos suficientes para poder evaluar el estado de conservación del bronce de la escultura y del resto de elementos que componen el conjunto. Todos estos datos se recogieron en la cartografía temática (Figura 8.8)

Las investigaciones que se han realizado directamente sobre la escultura y las correspondientes a la restauración de esculturas de bronce monumentales al aire libre, han enfocado la intervención de restauración de esta obra hacia una tecnología de tratamiento estructurado en seis: desmontaje de la estructura, desmontaje de apósitos, limpieza externa e interna, tratamiento de estabilización química, reintegración volumétrica y reintegración cromática, y protección.

Esta estructura, con las oportunas variantes de aplicación en función de las necesidades de El Giraldillo, se ha revelado válida para el tratamiento de esculturas en bronce de distinto tipo, incluidas en esta casuística las de grandes dimensiones y las de época moderna.

- **El desmontaje de la estructura**

En esta etapa se incluye tanto la retirada de la estructura de hierro de 1770, como de las duelas que recorren internamente el cuerpo de la escultura, así como las duelas del brazo derecho y el eje del lábaro.

- **El desmontaje de los apósitos**

Para poder tener una lectura más clara de la superficie de la escultura se decidió desmontar algunos de los apósitos que se habían colocado para tapar los fallos en su fundición. Esta etapa reveló en ciertas zonas de la figura numerosos detalles antes ocultos por estas chapas.

- **La limpieza** ha tenido como fin la eliminación de los depósitos superficiales que pudieran favorecer nuevos procesos de corrosión. Dentro de la intervención de limpieza se contemplaron varias fases como: limpieza superficial, tratamiento de antiguas

intervenciones, tratamiento de depósitos superficiales, tratamiento de eliminación de sales solubles, etc.

- **El tratamiento de estabilización química** ha consistido en inhibir la corrosión superficial, para lo cual se aplicó un producto inhibidor que ha provocado una reacción química en la superficie del bronce, formando una película protectora estable que hace de barrera entre los agentes corrosivos y el metal original.
- **La reintegración volumétrica y cromática.** Se ha utilizado, para el sellado de las grietas presentes en la superficie escultórica, una resina epoxídica bicomponente específica para bronce; la reintegración cromática se ha realizado mediante la aplicación de pátinas de reacción en frío.
- **La protección.** Esta fase es indispensable para una buena protección de la escultura una vez finalizados los anteriores tratamientos. Esta capa de protección con resina acrílica y ceras naturales microcristalinas y polietilénicas será una barrera que protegerá la escultura frente a los agentes atmosféricos a los que estará expuesta.

Para poder realizar todas las operaciones durante el tratamiento se dispusieron dos tipos de soporte para trabajar sobre la escultura. En el primero de ellos, la escultura se colocaba en posición horizontal, y contaba con los elementos necesarios para la adaptación a su morfología. En el segundo la escultura se apoyaba con su cojinete original de bronce en un vástago vertical de hierro expresamente preparado para este propósito. La intervención se articuló en las etapas de trabajo que se describen a continuación.

8.3.1. Limpieza de la escultura

El objetivo principal de la limpieza es la eliminación de los productos que puedan ser nocivos para la pieza, y que puedan favorecer nuevos procesos de corrosión tanto externos como internos. La limpieza, ya se haga a través de medios mecánicos o químicos, nunca debe alterar los materiales que componen la obra, ni su es-

Figura 8.9. Pruebas de limpieza con diferentes medios mecánico-manuales.

Figura 8.10. Detalle de las pruebas de limpieza en el brazo izquierdo en la zona del codo, donde se pudo apreciar la soldadura debajo de la resina epoxidica.

(Fotos: José Manuel Santos)



estructura, ni el aspecto primitivo de la misma. Tiene que ser homogénea, no deben admitirse limpiezas caprichosas que conduzcan a acabados engañosos o a la creación de falsos históricos. Deben utilizarse productos de reconocida eficacia y, aún así, hay que realizar pruebas de disolventes localizadas en zonas discretas. La limpieza no ha de ser profunda en ningún caso y se debe conservar siempre la pátina que imprime el paso del tiempo en la obra.

La escultura se encontraba cubierta de depósitos de todo tipo: deyecciones de aves, tinciones de color rojizo producidas por la oxidación de los elementos féreos que sujetaban la estructura interna de la escultura en su exterior, restos de la silicona y la escayola empleadas cuando se realizó la copia en la década de 1980, Belzona (resina de dos componentes con carga metálica que cubría las soldaduras), los restos de la pátina azul-verdosa aplicada para colorear las zonas afectadas por el calor cuando soldaron las grietas de la superficie del Giraldillo. Esta pátina se aplicó, según el TURRIS FORTISSIMA, en dos fases la primera con una parte de cloruro de amonio más tres partes de bicarbonato amónico y veinticuatro partes de agua, y en una segunda fase sustituyendo el agua por goma de tragacanto. Además había nidos de pájaros que habían anidado en su interior, restos de líquidos penetrantes empleados en inspecciones anteriores, etc.

La limpieza de la escultura comenzó en paralelo a los estudios previos, ya que era necesario intervenir en ciertas zonas para definir qué métodos se iban a emplear para la eliminación de las diferentes restauraciones anteriores que eran perjudiciales u ocultaban parte de la morfología de la escultura. Con esta primera fase de limpieza superficial de la estatua se pudo constatar su estado real de conservación.

8.3.2. Eliminación de la resina epoxidica

La primera fase de la limpieza fue la eliminación de la resina epoxidica BELZONA que cubría una gran extensión de la super-

ficie de la escultura para así poder determinar su estado real de conservación. De esta manera se pudieron observar los daños que se habían producido en la superficie del bronce, que fueron causados principalmente por el proceso de abrasión que se realizó para poder unir las superficies del bronce mediante soldeo.

Fueron de gran ayuda las gammagrafías para poder llevar a cabo esta parte de la limpieza, ya que se pudo actuar directamente en las zonas afectadas. En estos lugares tratados con la soldadura se efectuó una toma de muestras que demostró el grado de alteración y debilitamiento que había sufrido el bronce con este proceso.

La superficie externa de la estatua se trató con métodos mecánicos y químicos. Primero se probaron métodos químicos para la disolución de la resina epoxi con disolventes estudiados por el IRPA⁵. Se utilizaron tricloroetano y tricloroetano+ diacetona. Las mezclas se aplicaron en forma de gel en ambos casos, pero no se obtuvo ningún resultado positivo en la remoción de la resina, por lo que la limpieza superficial se realizó mecánicamente utilizando diversos métodos combinados: bisturí, micro-motor, vibroincisor, percusión o una fuente de calor con un microchorro de aire caliente con regulación electrónica continua de la temperatura. La limpieza con bisturí no resultó adecuada por la dureza de la Belzona, por lo que el sistema que mejor funcionó fue la eliminación de la capa de resina por percusión. La utilización del micro torno sirvió para eliminar las capas más finas que quedaban de belzona e igualar la superficie. Se han utilizado fresas de carborundo y de acero (Figura.8.9).

Para enmascarar el tratamiento de soldeo al que fue sometida la escultura se había aplicado en las zonas del bronce afectadas por el calor y donde se habían realizado las soldaduras una pátina azul-verdosa basada en cloruro amónico y bicarbonato amónico, añadiendo como aglutinante la goma de tragacanto. El aspecto que presentaba toda la escultura y el conjunto de elementos era bastante heterogéneo. (Figura 8.10)



8.3.3. Limpieza de depósitos superficiales y de pátinas artificiales

En este proceso se utilizó una pulpa de papel, Arbocel BC 1000, que está constituida por fibras de celulosa pura de naturaleza hidrófila, que tienen una longitud media de 700 μm , y que se ha utilizado como material inerte, tanto para la remoción de los depósitos superficiales como las pátinas artificiales.

Para la limpieza de esta intervención se comenzó con tolueno+isopropanol+agua, e isopropanol+amoníaco+agua. Como la utilización de estos dos sistemas no era suficientemente efectiva, se decidió remover los restos que quedaban de las capas intencionadas de tragacanto por medios mecánicos, con la proyección de micro esferas de vidrio, abrasivo de una granulometría muy fina con una dureza en la escala de Mohs de 6,8.

El Microabrasímetro de precisión de control electrónico que se utilizó funciona con aire comprimido, cuyo flujo es continuo y homogéneo, pudiendo variar la cantidad del mismo independientemente de la presión de uso, siendo la presión del chorro regulable de 0 a 6 atm, con lo cual se garantiza el control de la limpieza en todo momento. (Figura 8.11 y 8.12)



Finalizado el tratamiento superficial de la escultura no se pudo comprobar si la superficie presentaba pátinas naturales, pero sí se puede añadir que hay zonas donde hay presencia de cuprita (Cu_2O), como el abdomen, la mejilla izquierda, la frente, el brazo izquierdo y el cuello.

8.3.4. Extracción de sales solubles

Una vez terminadas estas dos fases, mecánica y química, la superficie del bronce se lavó con una solución perteneciente a un derivado del óxido de etileno, Tween 20. Este jabón tensioactivo no iónico neutro se utilizó también junto con la pulpa de celulosa Arbocel 1000 para la limpieza de los otros elementos de bronce que acompañan a la escultura.

Se realizó una extracción de sales solubles en la estatua y en los elementos que la acompañan por medio de la pulpa de papel con agua desmineralizada y jabón neutro. Esta operación se realizó para eliminar los cloruros activos, que son compuestos químicos muy activos inestables que se encontraban en ciertas zonas de la escultura y en algunos de los accesorios que acompañan a la estatua. (Figura. 8.13.)

Figura 8.11 y 8.12. Limpieza de la escultura con micro chorro de esferas de vidrio y de la palma con micro torno y brocas de cerda blanda. (Fotos: José Manuel Santos)

Figura 8.13. Tratamiento de limpieza y eliminación de sales solubles con Arbocel BC 1000 y agua desmineralizada de la tinaja. (Foto: Ana Bouzas)

Esta eliminación se consiguió renovando las aplicaciones de celulosa periódicamente y tomando muestras con el fin de medir su concentración de iones Cl. Estos valores se expresan en $\mu\text{S}/\text{cm}$ (conductividad específica), y la aplicación se repite hasta que se llegue a una concentración de 50 ppm o $24 \mu\text{S}/\text{cm}$.

Acabado este proceso de eliminación de sales solubles de todos los elementos se volvió a realizar una limpieza intensiva, para neutralizar todo tipo de agentes empleados en el tratamiento, con baños de agua desmineralizada por pulverización y con una limpiadora a vapor Minor 164, para profundizar más en el tratamiento de limpieza y neutralizar la superficie externa e interna de la estatua. Este tratamiento se repitió diversas veces a lo largo del tiempo que duró la intervención en la estatua, ya que debido a las manipulaciones que se llevaron a cabo de extracción de estructura y colocación de la nueva, así como las diversas operaciones que se van a describir a continuación, un buen mantenimiento periódico de limpieza de la escultura y sus accesorios era necesario.

En la superficie interna del bronce, al tener una morfología muy rugosa, fue muy complicado el tratamiento de limpieza. Se utilizó en ese caso agua a presión para poder así retirar todos los depósitos de suciedad que contenía, nidos de pájaros, restos de fragmentos de óxidos de hierro, exfoliaciones de las duelas, y de la estructura de hierro, restos del alma de fusión, etc. Después se empleó la acetona (propanona) para así asegurar el correcto secado de la pieza.

Los elementos como la tinaja, la peana, el banderín, la palma y el lábaro se trataron de la misma manera que la escultura. Algunos de ellos tenían capas de protección intencionadas, al igual que la escultura, y también escorrentías de óxidos de hierro, de los elementos férricos de la estructura interna, con depósitos superficiales de diversa naturaleza. Una vez finalizado el proceso de limpieza química se eliminaron completamente con agua desmineralizada.

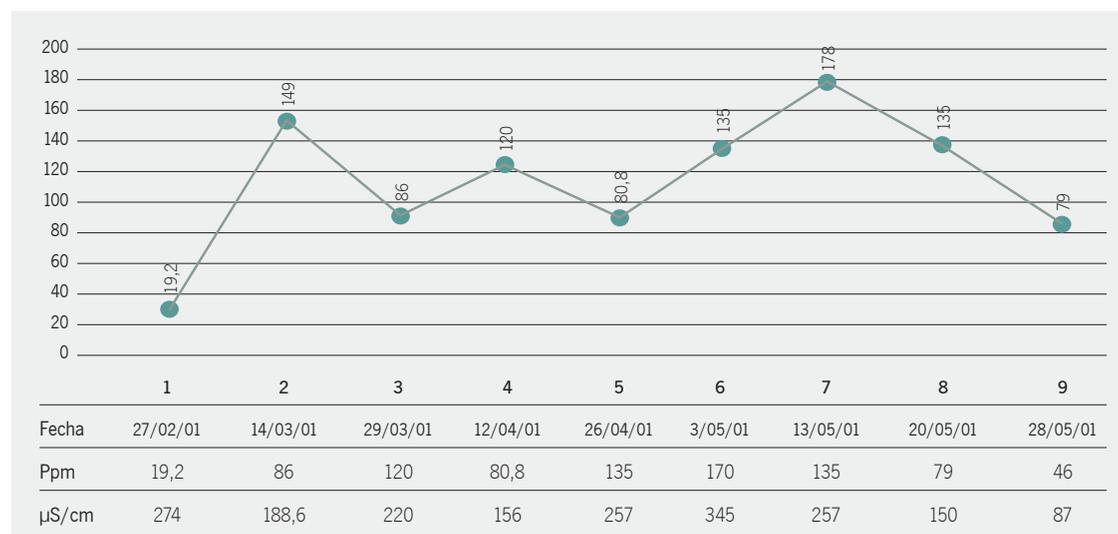
8.4. Desmontaje de apósitos originales

La escultura, según se supo una vez eliminadas las antiguas intervenciones realizadas por el autor, presentaba muchos fallos en su ejecución; Bartolomé Morel había realizado numerosas reparaciones para lo que colocó chapas de cobre para reforzar brazos, hombros, cuello, cadera, falda, etc., para poder entregar la estatua. La comisión tuvo que tomar la decisión de retirar los que no ejercían la función para la que se habían creado. Algunos de ellos se encontraban sujetos por alambres de antiguas intervenciones, puesto que los roblones que anclaban dichas chapas a la escultura habían desaparecido.

Los apósitos del faldón del vestido no se eliminaron ya que estaban en buen estado de conservación y seguían ejerciendo su función de refuerzo. Al igual que el resto de las chapas, fueron colocados como refuerzo después de la fundición de la escultura, ya que esta zona por su parte interna presenta muchos fallos en la superficie del bronce.

Figura 8.14

Gráfico de seguimiento de eliminación de sales solubles de la tinaja



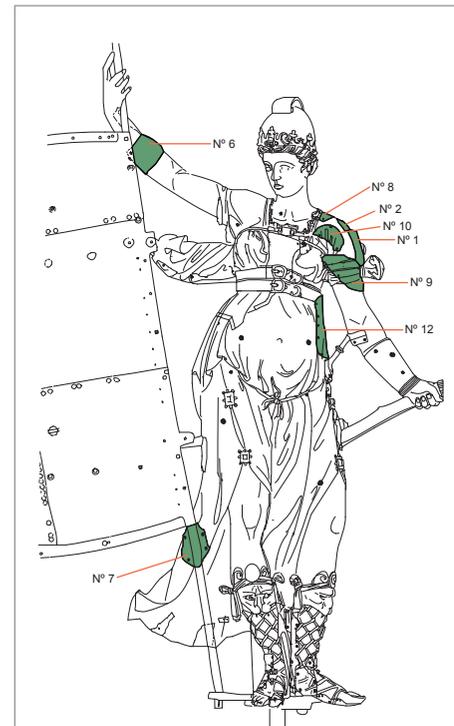
Por tanto, se decidió retirar una serie de apósitos o chapas que cubrían las diferentes irregularidades de la escultura, tanto para una mejor comprensión de los daños que pudieran ocultar, como para recuperar la morfología de la estatua. Se retiraron en una primera fase siete apósitos, y en la segunda cinco; son los que se indican a continuación y se recogen en la figura 8.15.

1. Apósito del hombro bajo vástago horizontal de hierro del torso
2. Apósito del hombro rodeando vástago horizontal de hierro del torso
3. Apósito de la cadera izquierda por su parte posterior
4. Apósitos bajo y sobre el vástago de hierro que soporta la palma
5. Apósito en la zona de la cintura por la parte trasera
6. Apósito que rodea el antebrazo derecho
7. Apósito del vástago que sujeta el lábaro en su parte inferior
8. Apósito en el hombro izquierdo
9. Apósito que rodea el brazo izquierdo
10. Apósito sobre el pecho izquierdo
11. Apósito de la parte posterior del cuello
12. Apósito del costado izquierdo

Al retirar los apósitos superpuestos que cubrían la zona del hombro, se reveló una grieta que rodea el brazo. La pieza estaba muy ajustada al vástago de hierro horizontal que sobresale por el hombro, y que estaba rematado con una tuerca. Esta pieza es una de las más gruesas que tenía la escultura reforzando esta zona agrietada y con un gran agujero.

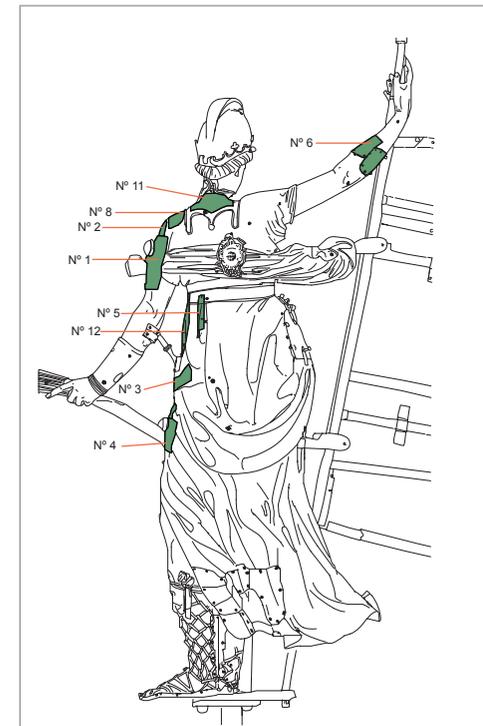
Su espesor era de 5 mm y era de bronce. La pieza que rodeaba el vástago de la estructura que atraviesa el pecho, se sujetaba al brazo con dos roblones a la altura de la axila y a la parte superior del hombro. A su vez uno de los roblones de la parte superior sujetaba el apósito del extremo del hombro. (Figura.8.15.)

FASE DESMONTAJE APÓSITOS



■ Apósitos desmontados

FASE DESMONTAJE APÓSITOS



■ Apósitos desmontados

Al retirar la chapa de refuerzo que cubría el hombro se vieron dos grietas paralelas que comenzaban en una antigua sede de un injerto o en el agujero practicado para que saliera la estructura de 1770. También hay un orificio que parece haber sido trabajado y es posible que por aquí se colase el plomo que rellena este brazo. De este hueco partía otra grieta que parece estar sellada por una soldadura realizada en la intervención de los años ochenta.

El plomo de relleno del hombro fue colado a través de la chapa, ya que en ésta aparece un orificio que fue sellado con plomo también. Por tanto esta chapa es anterior a la rotura del brazo. Hay depósitos de suciedad acumulada. La pieza estaba sujeta por cuatro roblones de bronce y uno de hierro.

Figura 8.15. Gráficos de la fase de desmontaje de los apósitos. (Autora: Ana Bouzas Abad)

Figura 8.16. Brazo izquierdo una vez retirado el apósito, apreciándose el estado de conservación de esta zona. Grietas, pérdidas de volumen, rebabas de plomo del relleno del antebrazo, restos de soldadura en el nudo de tela y soldadura de plomo alrededor del apósito.

Figura 8.17. Apósitos retirados en una intervención anterior. (Fotos: Ana Bouzas Abad)



Otro apósito, que se encontraba en la cadera izquierda de la escultura, cubría una gran grieta. Esta zona estaba cajeadada para poder realizar injertos. Algunos de ellos estaban en su posición, pero otros se habían perdido y sólo se veían las sedes. También cubría otro injerto que continuaba hacia la izquierda y que estaba oculto por otra pequeña chapa. Esta grieta es probable que se produjera durante el proceso de fundición y luego se reparase una vez terminada la pieza. Esta pieza estaba sujeta por seis roblones de bronce.

También se retiró un apósito que ocultaba una grieta vertical situada en la parte posterior de la escultura. Partía de la cintura verticalmente y estaba sujeta por tres roblones de bronce. La grieta continuaba hacia la izquierda y tiene conexión con dos injertos y con la grieta que tapaba la chapa anterior donde aparecían las dos sedes vacías. La pieza estaba sujeta por cuatro roblones de bronce.

Las chapas que se retiraron estaban situadas, una debajo del soporte de hierro de la palma y otra en la parte de arriba. La primera cubría parte del relieve de la falda y la otra tapaba dos grietas. Ambas eran de nueva factura y estaban soldadas. Se sujetaban estas dos piezas con cinco roblones de bronce y cuatro tornillos de cabeza hexagonal.

En esta primera fase también se desmontó la chapa que ancla el vástago del lábaro con el faldón. Esta pieza se retiró para ver el es-



tado de conservación de esta zona, pero luego se decidió volver a ponerla, ya que el vástago se desplazaba de su posición original.

Una vez desmontados los primeros apósitos, la Comisión Técnica decidió retirar el resto de los que ocultaban zonas de la escultura y que no implicaban ningún riesgo. De esta manera se puso a apreciar el estado de conservación que presentaba la escultura en su totalidad.

Algunas de las chapas se encontraban selladas con plomo, aunque en ciertas zonas se había perdido este material. También había restos de la soldadura con latón de la intervención de los ochenta y restos de la resina epoxídica utilizada para sellar las chapas y las grietas.

El brazo izquierdo, una vez levantada la chapa que lo cubría, reveló una grieta que rodeaba casi todo su perímetro. Solo se encontraba sujeto en la zona de la axila. Este brazo se reparó en 1684 y el sistema que se siguió pudo ser el siguiente: se colocó en posición, se puso el apósito que lo rodea y se colmató de plomo hasta la axila. El exceso de plomo se derramó por la grieta que lo rodea, sobre todo en la zona debajo del nudo, ya que el brazo no se ajustó perfectamente en su posición original. (Figura 8.16)

Al retirar el apósito que cubría la parte posterior del cuello se descubrió una grieta, con pérdida de volumen y dos injertos. La grieta tiene continuación hacia el hombro derecho y el brazo. Se pudieron retirar los cuatro roblones de bronce que la sujetaban pero el tornillo de hierro que está situado en su extremo superior se mantuvo ya que sujeta una de las pletinas de hierro que se ancla en la espalda. Parece que esta zona presenta una capa fina de cuprita.

Una vez levantada la chapa que cubría el costado izquierdo, parte de la cadera y del cinturón, se pudieron observar: dos grandes grietas, sedes para injertos, relleno de plomo en una de las lagu-

nas de la zona, restos de plomo por las grietas y en el agujero del cinturón. La pieza estaba sujeta por diez roblones de bronce.

Por último mencionar una zona de la escultura que fue clave para el avance de los trabajos para la extracción de la estructura del año 1770. En la documentación gráfica estudiada antes de la intervención de los ochenta, se podía observar que la escultura tenía en la parte derecha del torso un apósito que cubría el pecho derecho y estaba sujeto por 5 roblones.

Se puede decir que bajo los apósitos retirados la superficie del bronce estaba agrietada, con pérdidas de volumen, agujeros, y reparaciones con injertos. La superficie debajo de estos elementos solo tenía acumulación de depósitos de suciedad y no se apreciaba ningún tipo de pátina propia de un bronce expuesto al aire libre.

8.4.1. Limpieza de los apósitos retirados en intervenciones anteriores

Junto con la escultura y los elementos complementarios, también llegaron al Taller de Arqueología chapas de cobre o apósitos, un total de 27, que se habían retirado en intervenciones anteriores, y que protegían la superficie del bronce. (Figura 8.17)

Estas piezas se trataron con los mismos criterios que la escultura y los elementos complementarios. Se realizó la limpieza de los depósitos superficiales, se efectuó un tratamiento de eliminación de sales solubles, se inhibieron las chapas de cobre con BTA al 3% en alcohol etílico, y después se consolidaron con Incralac 44 y se protegieron con cera Reswax WH con Benzotriazol al 10%. Una vez terminado el tratamiento se embalaron en papel libre de ácidos y plástico de polietileno, y se guardaron en una caja de plástico para su devolución al Cabildo de la Catedral.

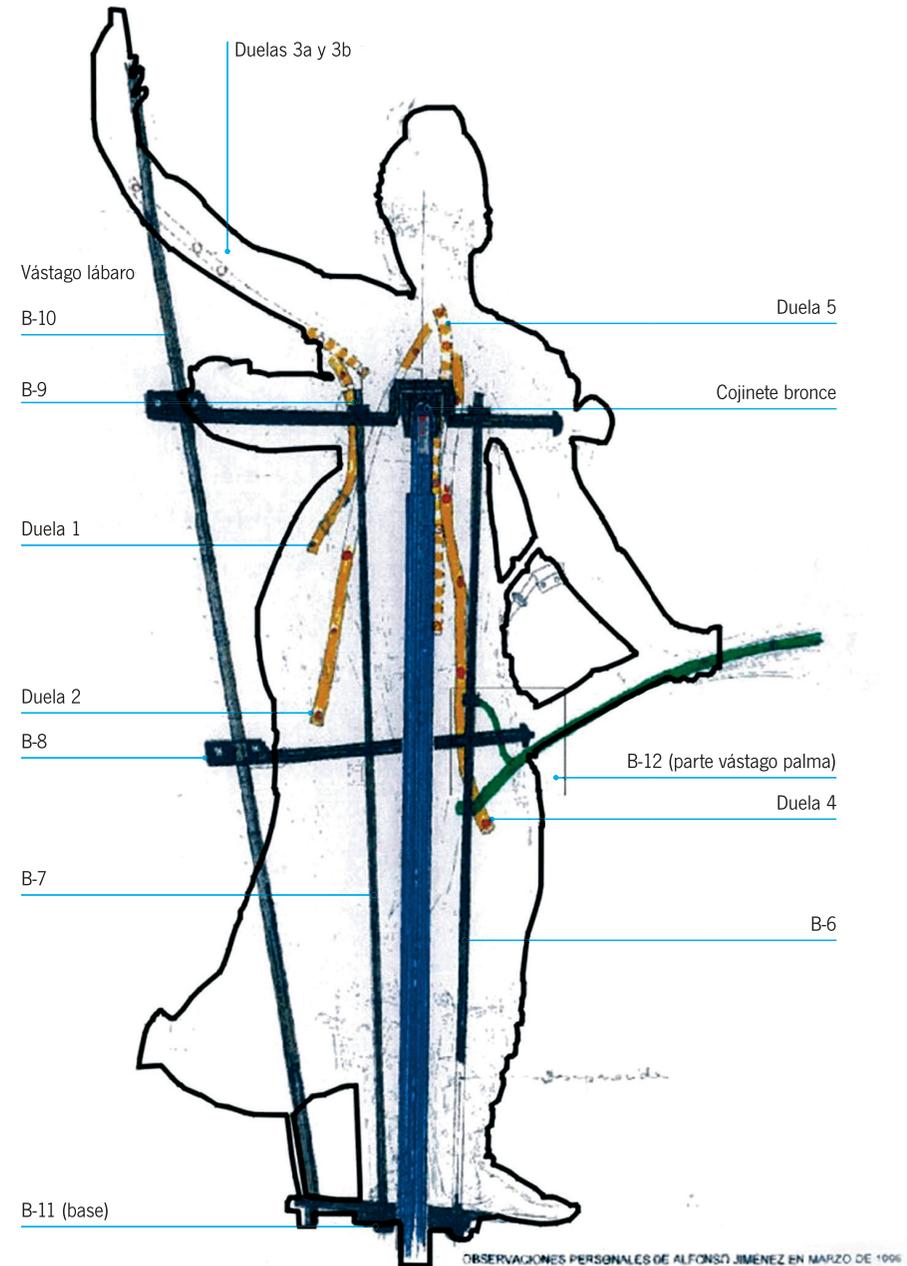


Figura 8.18. Esquema de la estructura de sostén y posicionamiento de las duelas de refuerzo en hierro. (Basado en el gráfico de Alfonso Jiménez)

8.5. Extracción de la estructura interna de 1770

Para poder realizar la limpieza interior de la escultura se comenzó con la extracción de la estructura de hierro. Por el brazo derecho se extrajeron las dos duelas que lo reforzaban, que estaban sujetas por tornillos de hierro, que no realizaban ningún trabajo de sujeción. Los agujeros que dejaron los tornillos que se eliminaron estaban, dos rellenos de belzona, uno relleno de latón (intervención de los ochenta), y otro sellado en una intervención indeterminada. Estas dos duelas son independientes y su estado de conservación era malo, ya que el hierro presentaba un grado de alteración muy avanzado con grandes focos de óxidos y exfoliaciones.

Se retiraron igualmente el resto de las duelas que recorrían internamente la escultura. No se encontraban en buen estado de conservación, presentando así mismo focos de oxidación, exfoliaciones, pérdidas de volumen, además de depósitos de suciedad, restos de pintura acrílica, y de pintura de minio para inhibir la corrosión. Los tornillos que anclaban las duelas a la superficie del bronce, en la mayoría de los casos no ejercían su función, ya que estaban corroídos. (Figura 8.18)

Se desmontó el denominado nudo de tela, que se encuentra a la izquierda de la estatua, ya que por su interior pasa parte de la estructura interna. Se tuvo que retirar también la chapa que cubría la parte inferior para poder desmontar esta pieza y realizar más cómodamente los trabajos de extracción de la estructura de hierro, y también la colocación a posteriori de la nueva de acero inoxidable.

En cuanto a las dos grietas en el pecho derecho, mencionadas en el punto anterior, parecen haber sido realizadas en el año 1770, cuando se cambió la estructura, para poder retirar la primitiva. Las chapas que cubrían y reforzaban esta zona del pecho posiblemente fueron puestas a posteriori para ocultar los desperfectos una vez realizado el cambio de estructura. De la primitiva sólo se

ha encontrado un resto de metal de hierro en el nudo que tiene la escultura en el brazo izquierdo, casi a la altura del hombro.

Se había sacado prácticamente toda la estructura salvo la gran pieza de la zona del pecho donde se encontraba el cojinete sobre el que giraba la escultura. La pregunta fue: ¿Por dónde se introdujo esta pieza de la estructura de hierro en el año 1770? Las dos grietas en el pecho derecho que estaban cubiertas por una chapa de cobre al ser soldadas en los años ochenta añadiendo materiales de aportación, tornillos, chapas, etc., cerraron el acceso al interior de la estatua. (Figura 8.19)

Al cerrar estas grietas del pecho se había cerrado el camino para la extracción de la estructura antigua y su cambio por la nueva de acero inoxidable. Cuando se retiró la soldadura se pudo extraer con facilidad el resto de los elementos internos de hierro que quedaban en el interior de la estatua.

8.6. Limpieza de la antigua estructura

Una vez extraída la estructura de hierro de 1770 se aplicó un tratamiento específico para materiales féreos. Se ejecutó una limpieza superficial eliminando los restos superficiales, entre ellos el minio aplicado en antiguas intervenciones. También se trató mecánicamente para la eliminación de diversas alteraciones: adherencias, exfoliaciones, óxidos, etc. Finalizada esta fase se estabilizó el hierro con ácido tánico al 5% en alcohol. Se protegió el metal al igual que la superficie del bronce con resina acrílica Inralac y cera microcristalina.

8.7. Limpieza de los accesorios

Se realizó en todos estos elementos una limpieza basada en el desengrasado de la superficie del bronce con acetona, limpieza



Figura 8.19. Detalles de la escultura antes de su intervención en el IAPH.

(Foto: José Manuel Santos)

con vapor de agua para ablandar los depósitos superficiales y la aplicación de papetas con agua desmineralizada y jabones tensoactivos no iónicos para eliminar depósitos de suciedad más resistentes.

Este tratamiento tuvo una doble función ya que a la vez se extraían las sales solubles que pudiesen contener dichos elementos y se ayudaba a la eliminación de los depósitos superficiales. Este tratamiento y el mecánico-manual con bisturís y micro-motor se realizaron combinadamente para que la limpieza fuera más eficaz. En algunos elementos, además de los tratamientos básicos de limpieza arriba mencionados, se realizaron otros más específicos.

La tinaja es un ejemplo de ello, ya que presentaba numerosas tinciones de los elementos férricos de la estructura, y de los herrajes que tiene la pequeña puerta por la que se accede a su interior; en esta pieza se realizó una limpieza química más intensa para eliminarlas. Se aplicó la pulpa de papel con ácido cítrico, pero de una manera muy controlada y sólo localmente sobre las capas más resistentes de óxido de hierro. Primero se tuvo en cuenta que la pieza tenía abundante núcleo metálico sano, y en todo momento se controló el tiempo de aplicación y la concentración de la solución, ya que este método puede resultar arriesgado si no se controla rigurosamente.

Una vez finalizada esta limpieza química puntual, se utilizó la pulpa de papel con jabón tenso activo y agua desmineraliza para neutralizar el tratamiento. Además se realizó paralelamente una limpieza superficial intensiva, ya que los depósitos superficiales que tenía estaban muy adheridos. En esta fase de limpieza se insistió repetidas veces ya que eran depósitos muy difíciles de eliminar.

En la repisa o peana se utilizaron micro esferas de vidrio de 0,5 μm para la eliminación de las capas de suciedad amarillentas que presentaba y restos de tinciones de óxidos de hierro de la estructura interna de la escultura. También se eliminaron mecánicamente restos del alma de fusión de esta pieza y con pulpa



de papel y agua desmineralizada se realizó un tratamiento de eliminación de sales solubles.

En el banderín y la palma la intervención se realizó de la misma manera que los otros elementos, salvo que en estos dos se realizó una exhaustiva extracción de sales solubles, ya que ambos presentaban, según la analítica realizada, una presencia de cloruros muy elevada.

En el tratamiento del lábaro se realizaron los tratamientos anteriormente mencionados, pero su limpieza conllevó una gran sorpresa, ya que debajo de la capa de suciedad se descubrió un dibujo que reveló orlas vegetales, restos de dorado, y un leve dibujo de una custodia con las ráfagas que la rodean. Este dibujo se vio por reflectografía infrarroja como se menciona en el capítulo nº 3. Con esta técnica instrumental se pudo observar la capa subyacente y la huella de los materiales que se habían empleado en su realización, en este caso restos de hoja de pan de oro. (Figura 8.20 y 8.21)

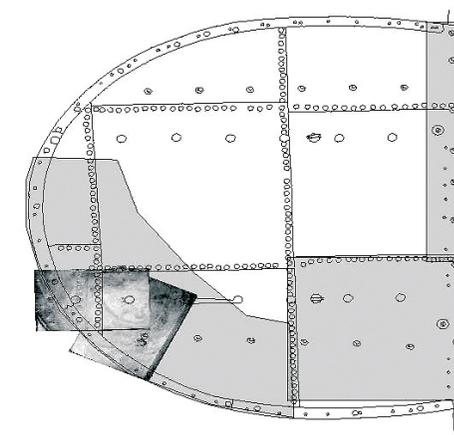


Figura 8.20. Tratamiento de limpieza del lábaro. (Foto: José Manuel Santos)

Figura 8.21. Gráfico donde se puede apreciar la decoración subyacente del lábaro por medio de reflectografía infrarroja. (Autora: Ana Bouzas Abad)

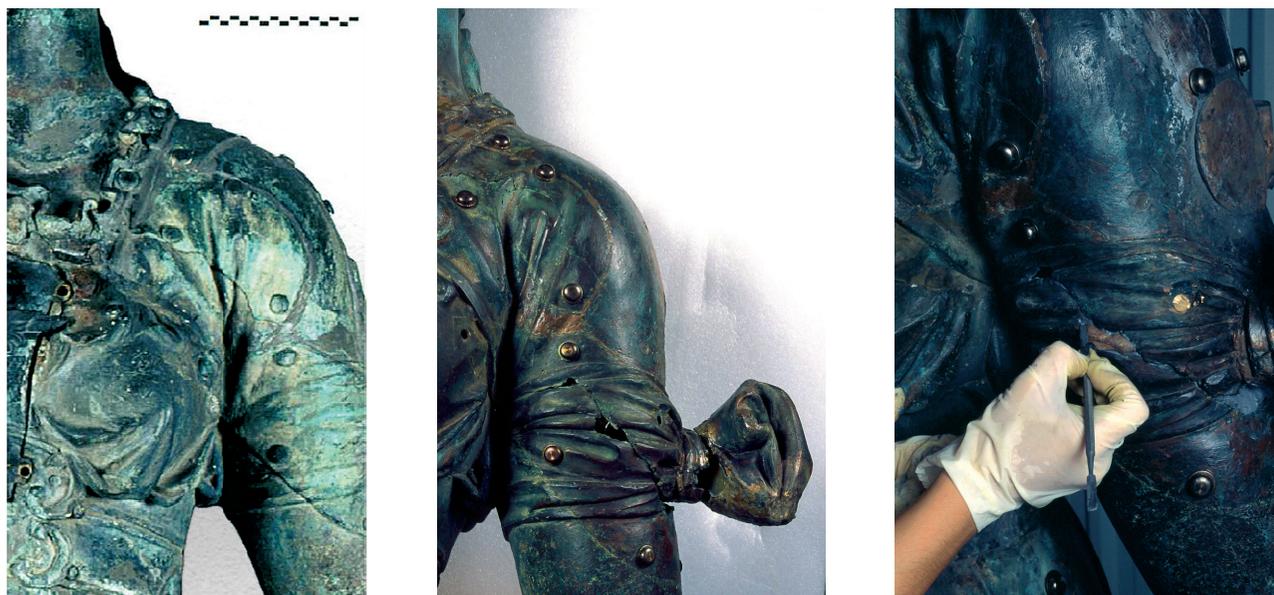


Figura 8.22. Tres fases de la intervención: brazo izquierdo antes de la intervención, con los nuevos roblones de acero inoxidable tapando los agujeros, y reintegración volumétrica. (Foto: José Manuel Santos)

8.8. Cambio de estructura. Pasivación del acero inoxidable

Finalizada la extracción de la estructura de hierro de 1770, se colocó una nueva de acero inoxidable 316 L. Para asegurar el buen comportamiento de este material ante la corrosión, se realizó la limpieza, decapado superficial y una posterior pasivación de todos los elementos, así como el nuevo vástago del lábaro, y los elementos que lo reforzaban. El decapado se llevó a cabo a temperatura ambiente aplicando una gruesa capa sobre la superficie del acero inoxidable. Una vez aplicado se enjuagó con abundante agua desmineralizada. Finalizada esta operación se aplicó el agente pasivador, que se retiró con un ligero cepillado (Ver capítulo 6)

8.9. Refuerzo interno de la escultura con duelas de bronce

Durante la intervención se retiraron las duelas de hierro que recorrían la superficie interna de la figura. Como estaban muy deterioradas se decidió su sustitución por duelas de bronce. Se realizaron con moldes de cera perdida y siguiendo la morfología interna de la escultura. Se anclaron a la superficie aprovechando los mismos agujeros donde se habían sujetado las antiguas duelas de hierro

con tornillos de acero inoxidable, que luego fueron patinados artificialmente con la misma pátina en frío que se utilizó para el resto de las reintegraciones cromáticas que se realizaron en la estatua.

8.10. Reintegración volumétrica y cromática

La reintegración volumétrica y cromática ha tenido como objetivo el devolver la homogeneidad a la superficie, y una lectura clara de la pieza. Para ello se realizaron los siguientes tratamientos:

- **Sellado con resinas epóxicas y reintegración cromática.** El sellado de grietas y ciertas lagunas de poco tamaño se ha realizado con resina epoxídica bicomponente Belzona 1121, por sus adecuadas características que la hacen compatible con el metal de la escultura. A posteriori se reintegraron cromáticamente con pigmentos inorgánicos sintéticos. Para obtener una homogeneidad en la lectura de la escultura.
- **Sellado de los agujeros con roblones nuevos de bronce.** Al realizar las labores de desmontaje de los apósitos se dejaron al descubierto numerosos agujeros antes ocupados por los roblones y tornillos que sujetaban las chapas de cobre. Estos orificios han sido ocultos por otros nuevos que han sido patinados artificialmente. (Figura 8.22.)



- Realización de pequeñas piezas de bronce para el relleno de lagunas de la misma composición que la escultura, en los lugares que existían cajeados de la época de Morel y que se habían perdido. Para cerrar las lagunas de mayor entidad que tenía la escultura se tuvieron que realizar moldes de su morfología, para poder luego fundir piezas de bronce. Todas estas piezas se unieron al bronce original y se sellaron con resina epoxídica. (Figura 8.23, 8.24 y 8.25)

- Recuperación de volúmenes reforzando con piezas de bronce. El pie derecho, que estaba completamente suelto, se tuvo que unir a la escultura mediante una plantilla de bronce adaptada a su morfología. Se unió a su otra mitad con roblones de bronce ya patinados artificialmente y, por último, se selló con resina epoxídica. (Figura 8.26)

- Recuperación de la palma con vástago de acero inoxidable. La palma, que estaba cortada en dos partes, se unió mediante un vástago de acero inoxidable. Antes se tuvieron que realizar diversas operaciones para acoplar el acero inoxidable al resto de vástago de hierro que recorría la palma. Luego esta pieza de acero se ensambló a la estructura que salía del muslo izquierdo por medio de piezas metálicas (de acero inoxidable) y tornillos. Después se realizó una chapa de cobre adaptada a esta pequeña porción de acero inoxidable, que se mostraba entre el brazo y el muslo de la escultura, para cubrirla y guardar una unidad estética.



Figura 8.23, 8.24 y 8.25. En estas fotos se muestran tres fases de la escultura: con elemento ornamental tipo rocalla; sin él, donde se ve la estructura de hierro; con la pieza de bronce realizada para tapar el agujero de la espalda después de quitar la estructura de 1770.

(Fotos: 8.23 Archivo de El Giraltillo, 8.24 José Manuel Santos, 8.25 Eugenio Fernández)

Figura 8.26. Imágenes anterior y posterior a la reintegración volumétrica del pie derecho con plantilla de bronce.

(Fotos: José Manuel Santos)

Figura 8.27. Reintegración cromática de las soldaduras de antiguas intervenciones, de las piezas nuevas de bronce de nueva factura, de las fisuras y micro-fisuras selladas con resina epoxídica. (Foto: José Manuel Santos)



- **Pátina de reacción química en frío.** Una vez finalizada la reintegración volumétrica de la figura y su completo sellado se comenzó con la reintegración cromática de la estatua y de todos sus elementos. Ya durante los estudios previos se habían realizado pruebas con diversas patinas de diferente composición, todas de reacción en frío, para no comprometer la estabilidad de los materiales. Las patinas artificiales que se eligieron fueron las siguientes:

- Nº 1. **Marrón oscuro.** Sulfuro de potasio 30 g, agua 1/2 litro. Aplicación en frío
- Nº 2. **Verde.** Sulfato de hierro 15 g, sulfato de cobre 15 g, carbonato de amonio 15 g, agua 0,9 L. Aplicación en frío
- Nº 3. **Azul-verde.** Nitrato de cobre 200 g y agua 1 L. Aplicación en frío durante 5 días.
- Nº 4. **Gris-verde.** Carbonato de amonio 300 g, ácido acético 35 cm³ y agua 1 L. Técnica del serrín humedecido (sawdust technique) Durante 20 horas.
- Nº 5. **Marrón oscuro.** Sulfuro de potasio al 60% en agua y aplicado en frío.

Al final se eligió la pátina en frío nº 5 por sus mejores resultados, ya que el color de reacción era muy similar a la pátina que se desarrollaba espontáneamente en el Giraldillo, como se comprobó en las zonas donde se realizaron las réplicas metalográficas. (Figura 8.27)

8.11. Estabilización química del bronce

El tratamiento de estabilización ha consistido en utilizar un inhibidor para frenar o impedir la corrosión, para lo cual se aplicó el benzotriazol al 3% en alcohol etílico, que provoca una reacción química en la superficie del bronce formando una película protectora estable que hace de barrera entre los agentes corrosivos y el metal original.

8.12. Protección final

Como última etapa se ha aplicado una capa de protección, que sirve para interponer una barrera entre el metal y el medio ambiente que le rodea, con la finalidad de frenar las agresiones de los agentes corrosivos que se encuentran en la atmósfera. Para ello se ha utilizado una resina acrílica, Inctalac 44, y Reswax WH. El primer tratamiento tiene aditivos antioxidantes y el segundo es una mezcla de ceras naturales microcristalinas y polietilénicas soluble en aguarrás natural (white spirit D40), y que en solución con el Benzotriazol permite una acción protectora más eficaz y duradera. Estos dos productos combinados dan excelentes resultados y son especialmente adecuados para la protección de bronce expuestos a los agentes atmosféricos.

En el taller se aplicaron en total cinco capas de resina acrílica. En la cima de la Giralda, una vez repuesto El Giraldillo en su eje, se realizó una última limpieza superficial y se aplicaron las capas finales de protección con Inctalac 44 y de Reswax WH. (Figura 8.28 y 8.29)

8.13. Montaje para la exposición: “El Giraldirlo, proceso de una restauración”

Para finalizar este capítulo se tiene que realizar la descripción de los trabajos realizados para el montaje de la escultura en el edificio de Las Reales Atarazanas, en la exposición que tuvo lugar entre el 22 de octubre de 2003 y el 6 de enero de 2004.

La escultura se trasladó al lugar de la exposición con las adecuadas medidas de seguridad en materia de conservación preventiva y se erigió en una de las naves de las Atarazanas. Allí se mantu-

vo la estatua controlada para poder observar si los tratamientos aplicados funcionaban correctamente en un ambiente no muy estable, y también se realizó una limpieza superficial semanal de la escultura por parte del equipo de restauración.

En cuanto a la estructura de 1770, que también fue expuesta aparte en dicha exposición, los elementos que habían sido previamente tratados en el Taller de Arqueología, se montaron “in situ” para poder ser mostrada.



Figura 8.28 y 8.29. Limpieza final y tratamiento de protección de la escultura y sus elementos complementarios con Inralac en el IAPH. (Foto: Eugenio Fernández Ruiz)

8.14. Protección para el traslado e izado de la escultura

En este apartado se definen las características técnicas del proceso de embalaje y traslado de la escultura en bronce *El Giraldillo* desde el Taller de Arqueología del Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico, hasta la Giralda y su lugar de origen la cima del campanario.

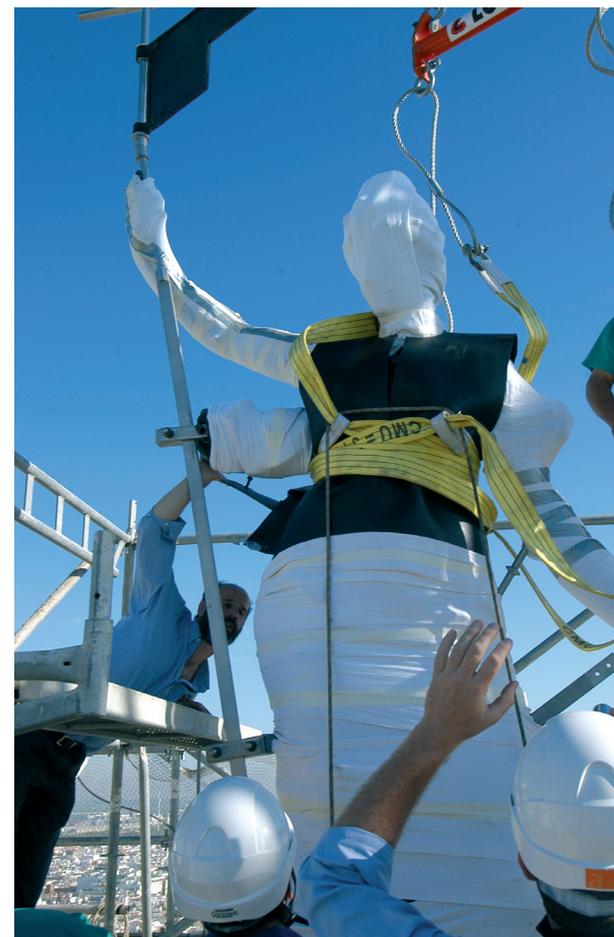


Figura 8.30. Dos vistas del soporte preparado con planchas de poliestireno y la escultura embalada sobre la estructura en posición horizontal. (Foto: Eugenio Fernández)

El proceso se desarrolló en las siguientes fases:

- Embalaje de cada una de las piezas constitutivas de la escultura y protección añadida para la escultura con un chaleco de neopreno.
- Montaje y anclaje en el vehículo de transporte.

Para transportar la escultura se decidió mantener en todo el proceso de traslado la posición horizontal. Para ello se diseñó una estructura metálica de sostén calculada en función de sus características morfológicas, técnicas y de su estado de conservación, capaz de mantener la escultura en una posición estable sin crear vibraciones innecesarias. Dicha estructura estaba provista de un



sistema de anclajes estudiados para que se adaptaran perfectamente a la superficie de la imagen y así asegurar su perfecto apoyo sin crear esfuerzos puntuales. Para ello se preparó un almohadillado adecuado con el fin de evitar desplazamientos, facilitar su sujeción y evitar golpes indeseados. El material seleccionado fue poliestireno expandido, en forma de planchas.

La escultura se protegió con un chaleco de goma de poliuretano de 10 mm de espesor colocado en contacto directo con la superficie del bronce. Éste llegaba desde el cuello hasta más abajo de la cintura, ya que esa zona era la más delicada, donde las cinchas con las que iba a izarse tendrían un efecto de rozamiento más acentuado. Con telas de algodón se protegió la superficie del bron-



ce durante la manipulación de la estatua en la operación de izado de la misma (Figura 8.31)

Las piezas se subieron una a una. Cuando se colocó la estatua en su posición original se izaron y se unieron a ella el resto de los elementos que la acompañan, lábaro y palma. Una vez finalizado este proceso se colocaron el resto de los elementos en su lugar, y fue entonces cuando se procedió a quitar las vendas que recubrían la estatua y el chaleco de neopreno que protegía el torso. Finalizado todo el proceso de montaje se realizó la última protección final a todo el conjunto con cera Reswax WH. (Figura 8.31, 8.32, 8.33 y 8.34)



Figura 8.31, 8.32, 8.33 y 8.34. Desembalaje de la pieza y aplicación de una capa de protección final a todo el conjunto con cera Reswax WH. (Fotos: Eugenio Fernández Ruiz)

Bibliografía

Documentos relativos a “El Giralddillo”

El Giralddillo. *Textos y fotografías sobre la restauración de 1981*, 2ª edición, Monte de Piedad y Caja de Ahorros de Sevilla, Sevilla, 7 de julio de 1981.

F. SÁNCHEZ SAULHÉ, *Restauración Giralddillo*, Sevilla, 30 de diciembre de 1980.

A. JIMÉNEZ Y J.M. CABEZA, *Tvrris Fortissima*, Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Sevilla, Sevilla, 1988.

VORSEVI, *Informe preliminar de la actuación realizada en el Giralddillo*, Vorsevi, Sevilla, 6 de marzo de 1996.

AICIA (Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla), *Inspección del Giralddillo y elementos metálicos asociados. Informe preliminar*, Aicia, Sevilla, 25 de marzo de 1996.

J.M. GALLARDO Y L. SORIA, *Observaciones visuales del estado del Giralddillo previo a la retirada de andamios*, Comunicación faxcimit privada a D. Alfonso Jiménez Martín, Sevilla, 15 de abril de 1996.

A. JIMÉNEZ MARTÍN, *Últimos hallazgos y descubrimientos en la Giralda*, Químicos del Sur, 45 (1996): 13-16.

CABILDO METROPOLITANO DE SEVILLA, *Séptima edición del aula Hernán Ruiz dedicada al Giralddillo: conclusiones*, Sevilla, 16-18 de diciembre de 1996.

KINESIA, *Avances preliminares correspondientes a los datos recopilados por kinesia durante los meses de diciembre de 1996 y enero de 1997*.

E. PARRA Y S. ROVIRA, *Análisis químico y metalográfico de una muestra del Giralddillo* (Sevilla), Larco-Univ. Alfonso X el Sabio, Villanueva de la Cañada, 20 de febrero de 1997.

A. JIMÉNEZ MARTÍN, *Plan para la restauración integral del Giralddillo*, Catedral de Sevilla, Sevilla, 3 de marzo de 1997.

A. JIMÉNEZ MARTÍN, *Restauración del Giralddillo*, Santa Iglesia Catedral Metropolitana, Sevilla, 24 de mayo de 1996.

VORSEVI, *Informe sobre el estado de el Giralddillo, la veleta de la Giralda de Sevilla* para el Excmo. Cabildo de la Santa Iglesia Catedral de Sevilla, Vorsevi, Sevilla, 2 de junio de 1997.

J. BARRIOS SEVILLA, *Informe sobre el estado de el Giralddillo, la veleta de la Giralda de Sevilla*, ETS Arquitectura, Sevilla, 3 de junio de 1997.

S. ROVIRA Y E. PARRA, *Informe sobre el estado de conservación del Giralddillo*, Larco-Universidad Alfonso X el Sabio, Villanueva de la Cañada, 4 de junio de 1997.

KINESIA-VORSEVI, el Giralddillo. *Estudio de tensiones en el eje de la veleta*, Kinesia, Madrid, 25 de junio de 1997.

S. PALANCO, L. AYALA Y J.J. LASERNA, *Viabilidad de la tecnología láser para la restauración de la cubierta de bronce de la veleta de la iglesia catedral de Sevilla*, Servicio de Tecnología Láser, Servicios de Investigación, Universidad de Málaga, Málaga, 14 de julio de 1997.

V. LÓPEZ SERRANO, J.M. BASTIDAS RULL Y E. OTERO SORIA, *Estudio metalúrgico de muestras de aleación base cobre pertenecientes al Giralddillo de Sevilla*, Cenim, Madrid, 21 de julio de 1997.

J.M. GALLARDO Y L. SORIA, *La segunda gran restauración del Giralddillo*, Revista del Colegio de Ingenieros de Andalucía Occidental, Mayo 1996, pp.11-12.

BARRIONUEVO, F., BERNAL, A.M., GALLARDO FUENTES, J.M., GUILLÉN TORRALBA, J., JIMÉNEZ MARTÍN, A., LAGUNA PÁUL, T., MÁRQUEZ PÉREZ, J.A., MORALES, A. y PLEGUEZUELO HERNÁNDEZ, A. *Giganta de Sevilla*, Fundación El Monte, Sevilla, 2000.

Artículos sobre conservación y restauración de monumentos a la intemperie

C.F. LAM, *Bronze statue of Buddha*. Hong Kong Engineer, Vol 17 No 9, pp. 6-7, Sep 1989.

FERNÁNDEZ MAGÁN, *Restauración: El Togado de Periate, Piñar (Granada)*, Revista de Arqueología, Vol. 7, No 64, pp. 43-51, 1986.

CHANDRA L. REEDY, *Medieval Bronzes of the Himalayan Mountain Kingdoms*, JOM, Vol 43 No 12, pp. 6-9, Dic. 1991.

JAMES R. CAGLEY, *Restoring Freedom at the Capitol Dome*, Civil Engineering, Vol 64 No 6, pp. 57-59, Jun 1994.

J. GLINSMAN, D. BARBOUR, *Science and Art Converge at the National Gallery of Art*, JOM, pp. 14-17, Ene 1997.

Monumento equestre a G. Garibaldi, eretto a la Spezia, comunicación privada del Ministero per i Beni Culturali e Ambientali, Soprintendenza Archeologica di Firenze.

MARCELLO MICCIO, *Relazione su statua bronzea raffigurante Leopoldo I-Trieste*, comunicación privada del Ministero per i Beni Culturali e Ambientali, Soprintendenza Archeologica di Firenze.

MARCO AURELIO, *Il restauro*, No 249, pp. 204-207, Nov. 1986.

GIUSEPPE BASILE, MARIO BOTTONI, *Mostra di Cantiere, un sondaggio d'opinione sui visitatori*.

G. ACCARDO, D. AMODIO, A. BENNICI, P. CAPPA, G. SANTUCCI, M. TORRE, *Strain Fields on the Statue of Marcus Aurelius*, Experimental Mechanics, Vol 30, No 4, pp. 372-376, Dic 1990.

THE HORSES OF SAN MARCO: *a metallurgical detective story*. *Metals and Materials*, Dic 1979.

ALESSANDRA MELUCCO VACCARO, *The Equestrian Statue of Marcus Aurelius*, en *The Art of Conservator*, Andrew Oddy ed., pp. 108-121, Trustees of the British Museum by British Museum Press.

CARLA ARCOLIN, CARLO FARINA, EMILIO MELLO, *Examination of Construction Techniques and Condition of an Early Christian Chandelier found in Aquileia*, en *Science and Conservation*, P.L. Parrini ed., pp. 68-70, Arcadia Edizioni, Milano, 1986.

MAURO MATTEINI, ARCANGELO MOLES, EMILIO MELLO, PAOLO L. PARRINI, *Donatello: Giuditta e Oloferne. Alloy composition and gilding. On the execution technique*, en *Science and Conservation*, P.L. Parrini ed., pp. 70-71, Arcadia Edizioni, Milano, 1986.

EMILIO MELLO, PAOLO L. PARRINI, *Lorenzo Ghiberti: Storie di Giuseppe e Beniamino, Storie di Adamo ed Eva. Condition studies: examination of a microcore. On execution techniques*, en *Science and Conservation*, P.L. Parrini ed., pp. 72-73, Arcadia Edizioni, Milano, 1986.

EMILIO MELLO, MARCO ROBBA, *Lorenzo Ghiberti. From diagnosis to intervention: the case of the panels of the Porta del Paradiso. New analyses applied to the removal of panels and others sculpted pieces from the Porta del Paradiso, for restoration operations*, en *Science and Conservation*, P.L. Parrini ed., pp. 74-76, Arcadia Edizioni, Milano, 1986.

EMILIO MELLO, PAOLO L. PARRINI, EDILBERTO FORMIGLI, *Surface Deterioration of the Riace Bronzes: black patina on areas of statue "A"*, en *Science and Conservation*, P.L. Parrini ed., pp. 77-80, Arcadia Edizioni, Milano, 1986.

FRANCESCO GALANTE, EMILIO MELLO, *Study of a Medieval Bombard found near Ravenna*, en *Science and Conservation*, P.L. Parrini ed., p 81, Arcadia Edizioni, Milano, 1986.

PAOLO L. PARRINI, LORENZO GHIBERTI: *storie di giuseppe e beniamino, storie di Adamo ed Eva. on execution techniques, en science and conservation*, P.L. Parrini ed., pp. 148-151, Arcadia edizioni, milano, 1986.

SERGIO ANGELUCCI, *La Restauration de la Fontaine des Tortues a Rome*, en *Conservation of Metal Statuary and Architectural Decoration in open-air exposure*, ICCROM, Roma, 1987.

E. BLAINE CLIVER, *The Statue of Liberty: a Monument of Metal*, en *Conservation of Metal Statuary and Architectural Decoration in open-air exposure*, ICCROM, Roma, 1987.

GEORGES DUVAL, *La Restauration du Quadriga en bronze de L'arc de Triomphe du Carrousel*, en *Conservation of Metal Statuary and Architectural Decoration in open-air exposure*, ICCROM, Roma, 1987.

PIERRE ANDRÉ LABLAUDE, *L'Archange de la Fleche du Mont Saint Michel*, en *Conservation of Metal Statuary and Architectural Decoration in open-air exposure*, ICCROM, Roma, 1987.

F. OGBURN, E. PASSAGLIA, H.C. BURNETÍ, J. KRUGER, M.L. PICKLESIMER, *Restoration of Large Gilded Statues using various Electrochemical and Metallurgical Techniques*, en *Corrosion and Metal Artifacts, A dialogue between Conservators and Archaeologists and Corrosion Scientists*, pp. 167-178, National Association of Corrosion Engineers, Houston, 1991.

MAURIZIO MARABELLI, *The monument of Marcus Aurelius: Research and Conservation*, en *Ancient & Historic Metals, Conservation and Scientific Research*, pp. 1-19, Getty Conservation Institute, 1994.

NG, PETER P. K., *The bronze Buddha statue on Lantau Island*, *The Structural Engineer*, Vol. 73, No 17, pp. 281-284, Sep 1995.

R. BABOIAN, E. BLAINE CLIVER, *Statue of Liberty. Restoration: Ten Years Later*. *Materials Performance*, Vol 35, No 11, pp. 5-10, Nov 1996.

MARTHA GOODWAY, *Materials Choices for the Statue of Liberty*, *ASM News*, pp. 7, Jun 1989.

MICCIO MARCELO, *Relazione tecnica relativa al restauro del monumento a F. Corridoni di Oddo Aliventi, situato nella Piazza del Municipio di Corridonia (MC)*, comunicación privada del Ministero per i Beni Culturali e Ambientali, Soprintendenza Archeologica di Firenze.

GEORGE ARMSTRONG, *Florence, Buried Treasure*, *Art News*, Vol. 86, pp. 91-92, Abr 1987.

ANON, *Coating System help a Landmark last another 100 years*, *Plating and Surface Finishing*, Vol 76, No 7, pp. 20-23, Jul 1989.

PAOLA FIORENTINO, *Restoration of the Monument of Marcus Aurelius: Facts and Comments*, en *Ancient & Historic Metals, Conservation and Scientific Research*: pp. 21-31, Getty Conservation Institute, 1994.

V.M. CHURSIN, A. VENDL, B. PIKHLER, *Big cast bronze monuments -treasures of casting technologies*, *Liteinoe Proizvodstvo* N 5, pp. 24-30, May 1994.

MARTHA GOODWAY, *Metals of Music*, *Materials Characterization* Vol 29 N° 2, pp. 177-184, Sep 1992.

GIORGIO ACCARDO, MARIO MICHELI, *L'utilizzazione di Modelli per lo studio di problemi strutturali e formali, una metodologia per realizzare copie senza calco*.

V.M. CHURSIN, A. VENDL, B. PIKHLER, *Technology history of bronze monuments art casting*, *Liteinoe Proizvodstvo* N° 5, pp. 29-34, Ene 1996.

ANGELUCCI, S. *Il restauro della Pigna Vaticana* *Bollettino dei Musei e Gallerie Pontificie*, Vol. 6, 1986

SELWYN, L. S., BINNIE, J., POITRAS, J., LAVER, M. E. AND DOWNHAM, D. A. *Outdoor bronze statues: Analysis of metal and surface samples*. *Studies in Conservation*, N° 41, pp. 205-228, 1996.

DE TOMMASI, G. *Il restauro del Colosso di Barletta Vetera Christianorum*, N° 19, pp 131-152, 1982

Principios y bibliografía general de restauración y conservación

MARTIN E. WEAVER, *Caring for Bronzes*, *The Construction Specifier*, Vol 42 N° 7, pp. 58-66, Jul. 1989.

E. OTERO, J.M. BASTIDAS, *Cleaning of two hundred year-old copper works of art using citric acid with and without benzotriazole and 2-amino-5-mercapto-1,3,4-hiadiazole*, *Metals and Corrosion* 47, pp 133-138, 1996.

J.P. FRANEY, M.E. DAVIS, *Metallographics studies of the copper patina formed in the atmosphere*, *Corrosion Science*, Vol 27 N°7, pp. 659-668, 1987.

J.M. BASTIDAS, A. LOPEZ-DELGADO, F.A. LOPEZ, M.P. ALONSO, *Characterization of artificially patinated layers on artistic bronze exposed to laboratory SO₂ contamination*, *Journal of Materials Science* Vol 32 N° 1, pp. 129-133, Ene 1997.

M. MARTÍN DOMÍNGUEZ, *Restauración de Monumentos con Acero Inoxidable*, *Inoxidable*, revista del Centro para el Desarrollo del Acero Inoxidable, CEDINOX, N° 1 1997 pp.12-13.

MAURIZIO MARABELLI, *Characterization and conservation problems of outdoor metallic monuments*, en Conservation of Metal Statuary and Architectural Decoration in open-air exposure, ICCROM, Roma, 1987.

RIKA SMITH, ARTHUR BEALE, *An evaluation of the effectiveness of various plastic and wax coatings in protecting outdoor bronze sculpture exposed to acid deposition: a progress report*, en Conservation of Metal Statuary and Architectural Decoration in open-air exposure, ICCROM, Roma, 1987.

A.J. MULLER, C. MCCRORY-JOY, *Chromatographic analysis of copper patinas formed in the atmosphere*, Corrosion Science, Vol 27 N° 7, pp. 695-701, 1987.

JUKKA JOKILEHTO, *Conservation Principles and their Theoretical Background*, Durability of Building Materials Vol 5 N° 13 y 4, pp. 267-277, Abr. 1988.

NORBERT BAER, *Conservation Notes: Maintenance of outdoor bronze sculpture*, The International Journal of Museum Management and Curatorship N° 7, pp. 71-75, 1988.

DONALD T. HAWKINS, *The restoration of metal monuments: a bibliography, 1933-1986*, Corrosion Science, Vol 27 No 7, pp. 771- 782, 1987.

ACCARDO, G Y VIGLIANO, G. :Strumenti e materiali del restauro. Metodi de analisi, misura e controllo. Roma 1989.

ACCARDO G., CANEVA C., MASSA S. : "Stress monitoring by temperature mapping and acoustic emission analysis; a case study of Marcus Aurelius, Studies in Conservation, vol. 28, n.2, 1983 pp.67-74

ACCARDO G., MICHELI M.: Assemblaggio reversibile di manufatti in bronzo: la interferometria olografica come test di controllo delle deformazioni: 1° conferenza Internazionale le PROVE NON DISTRUTTIVE nella Consevazione delle Opere d'Arte, (Atti a cura di Marabelli M. ICR-AIPnD, Roma pp.III/1.1-23 (1983).

ARCE, J." Los bronceos romanos en Hispania". Los bronceos romanos en España. Madrid 1991. Pp. 15-25.

BELLONI G. BERNASCONI G., Sforzi, deformazioni e loro legami, Tambrini, Milano: pp.344 (1975)

BRAEMER, F.: *L'art dans l'occident romain. Tresor del argenterie. Sculptures de bronze et de pierre*. Ausstellung Paris, Palais du Louvre, Galerie Mollie, juli-oct (1963).

BRAEMER, F.: L'Observations sur des grandes statuettes et des petits grands bronzes representant des types repandus e travers l'Empire romain, *IV Colloque International sur les bronzes Antiques*, Lyon, 41-52. (1976)

BERDUCOU, M.C. La conservation en archéologie. Paris 1990.

BROSTOFF, L.B. " Investigation into the interation of benzotriazol with cooper corrosion minerals and surfaces". METAL 95. Actes de la conférence internationale sur la CONSERVATION DES METAUX. Semur en Auxois, 25-28/sept/1995.

JIMENEZ SALVADOR, J.L.: El Proceso de fabricación de una estatua de bronce en epoca greco-romana, *L'Apollo de Pinedo* (J.L. Jiménez, coord.), Valencia, pp. 27-32. (1994)

FORMIGLI E. GIACCHETTI R. Intervento di restauro sui bronzi provenienti da Riace, " Due bronzi da Riace", AA.VV. Boll. D' Arte, serie speciale n.2 IPZS, ROMA: pp. 41-85. (1984)

GIUFFRÉ A. Le strutture di sostegno, in " L'Angelo e la Città" Fratelli Palombi, Roma:pp.231-272 (1987)

ISTITUTO CENTRALE DEL RESTAURO:"Il restauro del Efebo di Selinunte, Catalogo della mostra Didattica, Roma 1979

MACLEOD, I, PENNEC, S, ROBBIOLA, L. METAL 95. Actes de la conférence internationale sur la CONSERVATION DES METAUX. Semur en Auxois, 25-28/sept/1995.

MOUREY, W. ROBBIOLA, L. METAL 98. Actes de la conférence internationale sur la CONSERVATION DES METAUX. Draguignan-Figanières, France. 27-29 Mayo 1998.

MOUREY, W. La conservation des antiquites metalliques de la fouille au Musée, L.C.R.R.A., 1987

RODRÍGUEZ OLIVA,P. " Los bronceos romanos de la Bética y la Lusitania". Los bronceos romanos en España. Madrid 1991. Pp. 91-102.

SEASE C. "Benzotriazole : a review for conservators. Studies in Conservation, 23.1978. pp 76-85

STAMBOLOV, T. The corrosion and conservation of metallic antiquites and works of arts. CRLOAS, Amsterdam 1985