

# TFG

---

## **BRONCE ARQUEOLÓGICO. ESTADO DE CONSERVACIÓN Y PROCESO DE INTERVENCIÓN DE UN COLGANTE DE BRONCE VISIGODO.**

**Presentado por Rocío Sáez Perea**

**Tutor: Montserrat Lastras Pérez**

**Facultat de Belles Arts de Sant Carles**

**Grado en Conservación y Restauración de Bienes Culturales**

**Curso 2016-2017**



**UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA**



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  
FACULTAT DE BELLES ARTS DE SANT CARLES**

## RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

El Trabajo fin de Grado que se expone a continuación aborda el proceso seguido en la intervención de restauración de una pieza arqueológica de bronce facilitada para el curso “Bronce arqueológico, diagnóstico y restauración” impartido en la Universidad Politécnica de Valencia por el centro de formación permanente. Este proceso aparece detallado empezando con la llegada de la pieza y su documentación exhaustiva tanto en su carácter técnico como histórico, paso necesario para determinar las decisiones a tomar en cuanto a su adecuada intervención.

A lo largo del trabajo se explica como a partir de evaluar su estado de conservación y realización de las pruebas previas pertinentes, se aborda el tratamiento de intervención adecuada, realizando unas pautas en cuanto al desarrollo de su intervención de forma cronológica.

Palabras clave: Bronce arqueológico, visigodo, restauración, intervención.

## ABSTRACT

The final degree set forth below addresses the process to be followed in restorative intervention of an archaeological piece of bronze archaeological course provided for Bronze, diagnosis and restoration. This process is detailed beginning with the arrival of the piece and its comprehensive documentation in both technical and historical character, a necessary step to determine the decisions to be taken in their proper intervention.

Throughout the work it will be explained as from assessing their conservation status and implementation of relevant previous tests , treatment of appropriate intervention will be addressed , making guidelines for the development of its intervention in chronological order .

Keywords: archaeological, Visigoth , restoration Bronze intervention.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar mi agradecimiento a mi tutora Montserrat Lastras Pérez por guiarme en todo el proceso de restauración y poder tener la oportunidad de realizar este trabajo sobre la intervención de una pieza real.

A todos los que me han acompañado durante estos años, y en especial a los que han estado dándome su apoyo y me han sufrido durante este último trayecto.

## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGÍA</b> .....	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA PIEZA</b> .....	<b>10</b>
	4.1. FICHA TÉCNICA .....	11
	4.2. DIBUJO TÉCNICO.....	11
<b>5</b>	<b>ESTUDIO HISTÓRICO</b> .....	<b>13</b>
	5.1. PROCEDENCIA DE LA PIEZA .....	13
	5.2. LOS VISIGODOS Y LA ORFEBRERÍA.....	14
<b>6</b>	<b>ESTADO DE CONSERVACIÓN</b> .....	<b>16</b>
	6.2. DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA.....	20
	6.3. DIAGRAMA DE PATOLOGÍAS ANVERSO Y REVERSO .....	22
	6.4. ANÁLISIS PREVIOS .....	23
	6.4.1. <i>Prueba de presencia de carbonatos.</i> .....	23
	6.4.2. <i>Catas de limpieza.</i> .....	24
	6.4.3. <i>Rayos X</i> .....	25
<b>7</b>	<b>PROCESO DE INTERVENCIÓN</b> .....	<b>27</b>
	7.1. LIMPIEZA .....	27
	7.1.1. <i>Limpieza física- mecánica.</i> .....	28
	7.1.2. <i>Limpieza química</i> .....	30
	7.2. EJEMPLOS DE DECLORURACIÓN .....	32
	7.3. INHIBICIÓN.....	33
	7.4 PROTECCIÓN .....	34
<b>8</b>	<b>CONSERVACIÓN PREVENTIVA</b> .....	<b>35</b>
<b>9</b>	<b>SISTEMAS EXPOSITIVOS. TÉCNICAS DE EXPOSICIÓN DE PEQUEÑAS PIEZAS</b> .....	<b>37</b>

<b>10 CONCLUSIONES.....</b>	<b>38</b>
<b>11 BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>39</b>
<b>12 ÍNDICE DE IMÁGENES.....</b>	<b>41</b>

# 1 INTRODUCCIÓN

En este trabajo final de grado se ha pretendido exponer detalladamente el proceso de restauración de una pieza de bronce arqueológico facilitada por la colección “Legado Faustino” para el curso “Bronce arqueológico, diagnosis y restauración” impartido en la Universitat Politècnica de Valencia.

La motivación que me ha llevado a la realización de este trabajo es la importancia que cobran los restos arqueológicos, que son una de las fuentes testimoniales y documentales directas e irrepetibles más importantes, necesarias para conocer la historia y evolución de las civilizaciones que nos precedieron; Por lo que preservar esos vestigios es de gran importancia.

El proceso de restauración en el que se basa este trabajo se ha ordenado cronológicamente, separándolos en diferentes capítulos, donde en los primeros figuran las fases previas a la intervención de la pieza, realizando un estudio arqueométrico<sup>1</sup> del objeto, pudiendo situarlo en su contexto histórico y morfológico mediante una exhaustiva documentación bibliográfica y fotográfica como apoyo a su examinación directa. En los posteriores capítulos se ha detallado el proceso de intervención realizado, donde se han dividido en el correspondiente orden de actuación, constando de limpieza, distinguiendo éstas en limpieza físico-mecánica y limpieza química, ejemplo de decoloración, inhibición y protección final.

Posterior a su intervención se han dictado unas pautas de conservación preventiva para garantizar la salvaguarda de la pieza y una serie de técnicas expositivas para este tipo de objetos. En la finalización del trabajo se han enumerado una serie de conclusiones basada en los objetivos planteados y posterior actuación sobre el objeto. En la ejecución del proyecto se ha trabajado en todo momento bajo el criterio de mínima intervención, respetando al máximo la naturaleza arqueológica de la pieza.

Debido a la procedencia de colección particular de la pieza restaurada en este trabajo, nos encontramos ante la problemática de la carencia de información sobre su yacimiento y lugar de donde proviene ésta, puesto que se desconoce cómo fue adquirida por el propietario.

Para la conservación y restauración de bienes arqueológicos, un factor importante es el momento en el que la pieza es extraída de su yacimiento. Es un proceso fundamental en el que se realiza una recogida de todos los datos posibles de manera exhaustiva, in situ, para su posterior investigación

---

<sup>1</sup> Montero, I.; García, M. ; López I. *Arqueometría: cambios y tendencias actuales, Trabajos de Prehistoria*, , p. 23-40.

arqueológica que nos ofrece una fuente de información de naturaleza documental fundamental para contextualizar el objeto desenterrado basada en el método arqueológico<sup>2</sup>. Como resultado se podrá adquirir un conocimiento histórico sobre la vida de las personas pertenecientes a una cultura y época determinadas<sup>3</sup>. Una pérdida del contexto arqueológico en las que se encuentran estos restos, supone una pérdida de información importante. Es por ello que el saqueo de yacimientos es terriblemente dañino, ya que se destruye toda oportunidad de conocer las características de la vida de esas culturas del pasado y cuáles eran sus hábitos, como pueden ser su alimentación, estructura social, creencias,... etc. En cuanto al daño para la conservación y restauración de este tipo de objetos, está latente también ;ya que suma importancia conocer su origen y en las condiciones del suelo en las que han permanecido las piezas, pH del suelo, clima del entorno, medio en el que se encuentra, o en qué tipo de ambiente. Esto último señalado nos ayuda a la identificación de la naturaleza de sus patologías y de la degradación producida , así como cuál fue el causante, y poder realizar un correcto diagnóstico, que posteriormente nos permitirá una elección adecuada del tratamiento a realizar, y qué materiales y métodos de aplicación son las más idóneas para su restauración.

---

<sup>2</sup> Metodología científica del campo de la arqueología, compuesta de tres fases: Prospección, sondeo y excavación. Ésta última elaborada mediante planimetrías y unidades estratigráficas (Método Harris) documentadas de forma exhaustiva, permitiendo la recomposición histórica del yacimiento.

<sup>3</sup> CARRASCOSA, B. *La conservación y restauración de objetos cerámicos arqueológicos*, p.39

## 2 OBJETIVOS

Para la elaboración del presente trabajo se han establecido una serie de objetivos siendo estos de carácter:

General:

- Contextualizar la pieza tanto histórica como tipológicamente para una correcta lectura cultural.
- Devolver a la pieza su estabilidad y conseguir una correcta lectura de la misma para su posterior utilización tanto expositivo como de estudio.

Específicos:

- Estudio de la obra, así como su aspecto técnico e histórico por medio de una exhaustiva búsqueda bibliográfica.
- Evaluar su estado de conservación mediante el análisis del deterioro de la obra por medio de documentación fotográfica y macroscópica.
- Determinación de los factores de alteración que afectan al bronce del objeto en su ubicación actual y los procesos de deterioro que sufre en consecuencia.
- Especificación de los productos de corrosión derivados del deterioro de la pieza por medio de un estudio organoléptico.
- Determinar el proceso de restauración adecuada según los criterios de intervención.
- Intervención de la obra.
- Recomendación de medidas para la conservación preventiva

### 3 METODOLOGÍA

La metodología que se ha empleado para la realización de este trabajo y poder cumplir con los objetivos establecidos ha sido la siguiente:

- Búsqueda en fuentes información primarias.
- Búsqueda en fuentes de información secundarias.
- Documentación fotográfica.
  - Fotografías generales
  - Fotografías de detalle
  - Macrofotografías
- Realización de examen organoléptico bajo lupa binocular.
- Diagnóstico del estado de conservación:
  - Elaboración de diagramas de patologías.
- Realización de estudios previos.
  - Rayos X.
  - Prueba de presencia de carbonatos.
  - Catas de limpieza.
- Proceso de intervención.
  - Limpieza
  - Decloruración
  - Inhibición
  - Protección
- Conservación preventiva.
- Sistemas expositivos. Técnicas de exposición para pequeñas piezas.

## 4 DESCRIPCIÓN DE LA PIEZA

El estudio técnico nos proporciona un conocimiento amplio de las características del objeto.

Para el estudio de la composición de la pieza no fue posible la elaboración de análisis para determinar su composición química. Se realizó un estudio organoléptico de forma directa y bajo lupa binocular, identificando su material por sus características estéticas superficiales y productos de corrosión comunes.

La pieza tratada en este trabajo nos llega en una sola pieza, aunque se desconoce si forma parte de un conjunto, si se encuentra incompleta o es una pieza exenta. Dado su apariencia estética y sus características se le puede atribuir una funcionalidad de uso como adorno personal, tratándose posiblemente de un colgante atribuido a la época visigoda, dado el tratamiento y materiales empleados. Su material constituyente es el bronce, material predominante de estos objetos que formaban parte de la indumentaria habitual de los visigodos.

La fabricación de estos objetos se elaboraba en un molde donde se añadía el metal fundido hasta que solidificaba, normalmente con la técnica de vaciado a la cera pérdida. Donde el objeto era modelado en cera en primer lugar y posteriormente a partir de éste se rodeaba con un material refractario a modo de molde (negativo), que tras hornearlo la figura de cera salía por los orificios ya derretida. Por último se añadía el metal fundido en el molde, dando lugar al objeto metálico (positivo).

En el anverso del colgante se podía observar una decoración de formas orgánicas, siendo éstas de formas curvas realizadas con hileras de zig-zag, probablemente ejecutadas con la técnica de grabado en frío mediante un buril, dado que la decoración se encuentra incisa de manera superficial, poco profunda (Fig. 1).

En la parte del reverso su superficie no está apenas trabajada, siendo más tosca y sin decoración alguna, aunque aún no quedaba visible la superficie original por la mayor parte de la pieza, a causa de la concreción terrosa que lo cubría.

En la parte superior sobresalen tres apéndices globulares, donde cada una de ellos se encuentra decorada. Estos apéndices le confieren al objeto su forma característica.



Figura 1. Fotografía general del anverso del objeto..

En la parte inferior de forma central tiene un pequeño orificio de donde se suspendería en algún tipo de cadenilla. En el borde de la línea inferior del anverso presenta otra de decoración con diferentes características al resto de la pieza, observándose una hilera de sogueado

#### 4.1. FICHA TÉCNICA

En el momento en que se extrae la pieza le acompaña a lo largo de la vida de ésta una ficha (Fig. 2), o cuaderno de campo en el que se registrará todo lo relacionado a la pieza, desde su llegada, pasando por todo el proceso de su intervención restauradora donde se indique detalladamente todo el desarrollo de la intervención con materiales empleados, proporciones y fechas. Acompañando unas pautas a seguir para su conservación preventiva.

Esta ficha comienza por la descripción técnica del objeto, tal y como se detalla a continuación:

<b>Dimensiones:</b> 4, 70 x 1,80 cm, grosor 0,5 cm	<b>Peso:</b> 9,17 g
<b>Material:</b> Bronce (Se desconoce las proporciones de la aleación. <sup>4</sup> )	<b>Técnica:</b> Fundición por moldes a la cera perdida
<b>Tipología:</b> Colgante de adorno personal	<b>Época:</b> Visigoda
<b>Decoración:</b> Hileras curvas en ziz-zag	<b>Técnica decorativa:</b> Incisa mediante buril
<b>Procedencia:</b> Desconocida	<b>Intervenciones anteriores:</b> No se observan
<b>Propietario:</b> Colección Legado Faustino	<b>Estado de conservación general:</b> Óptimo
<b>Fecha de inicio restauración:</b> 09 / 04 / 2016	<b>Fecha fin restauración:</b> 07/ 06/ 2016

Figura 2. Ficha técnica de las características del colgante.

<sup>4</sup> Esta hipótesis sobre el material constituyente se ha obtenido a través de un examen Organoléptico y bajo lupa binocular del objeto. Para una caracterización de los materiales sería necesaria realizar análisis mediante microscopía electrónica de barrido (MEB o SEM en inglés) acoplada con a un analizador elemental por energías dispersivas de rayos X EDX permite hacer un análisis químico de los elementos que forman la muestra (análisis elemental).

## 4.2. DIBUJO TÉCNICO

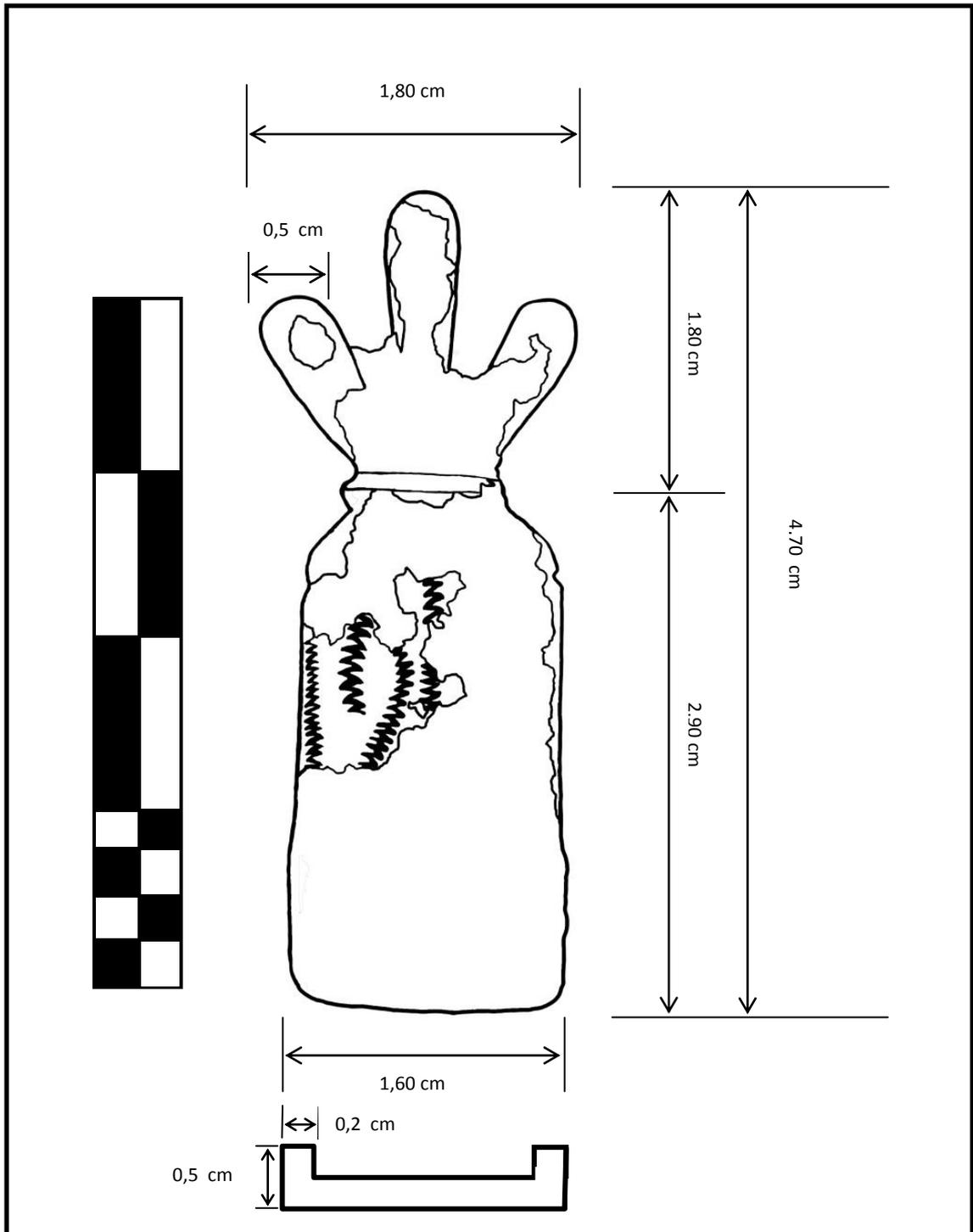


Figura 3. Dibujo técnico donde figuran sus dimensiones.



Figura 4. Pieza del Museo Arqueológico Nacional, (MAN) con la que se ha realizado la comparación de decoración con el objeto de este trabajo.

Figura 5. Pieza del Museo Arqueológico Nacional, (MAN) con la que se ha realizado la comparación de decoración con el objeto de este trabajo.

## 5 ESTUDIO HISTÓRICO

### 5.1. PROCEDENCIA DE LA PIEZA

El lugar de procedencia del colgante de bronce corresponde a la colección “Legado Faustino”, cuyo nombre es el que se le ha otorgado a un conjunto de piezas arqueológicas, por ser donadas por la viuda del propietario de estos objetos después del fallecimiento de éste.

Al ser parte de una colección particular, nos encontramos ante la problemática de carecer de todo tipo de información sobre el objeto, puesto que se desconoce el lugar de donde proviene, a qué yacimiento pertenece, o como fue adquirido este objeto por el propietario. La colección completa se compone de casi 200 piezas, no tan solo de bronce arqueológico, buena parte de la colección cuenta también con restos cerámicos, vítreos y diversos materiales como sílex o piedra, perteneciente a diferentes épocas, culturas, y donde cuyas piezas son de mayor y menor relevancia<sup>5</sup>.

La apropiación de material arqueológico supone un daño irreparable que tiene como consecuencia la pérdida de toda posibilidad de realizar un estudio in situ, contextualizando los objetos desenterrados para la aportación de información valiosa sobre las civilizaciones a las que pertenecieron. Aunque en la actualidad existe una mayor conciencia del daño que esto supone no queda exentas las actuaciones de este tipo.

Debido a este desconocimiento del yacimiento y lugar en el que se encontraba la pieza, toda la información que ello nos podía aportar, se ha

<sup>5</sup> EGIDO, L.; HERRERO, M.; JIMÉNEZ, N. *Trabajos de conservación y restauración arqueológica “Legado Faustino”: Descripción, metodología y puesta en valor del conjunto (I)*.

perdió y con ello la oportunidad de obtener un mayor conocimiento de la pieza para una más correcta contextualización de la misma. A consecuencia de ello fue necesario realizar su datación y determinación de su tipología analizando sus características, y realizando comparativas por similitud a otras piezas de su misma apariencia, consultando en las bases de datos y catálogos de diversos museos<sup>6</sup>.

Aunque no se halló una similitud morfológica casi exacta con ninguna de las piezas consultadas, sí se apreció similitud en la forma de trabajar el material, los tipos de decoración presentando éstos una línea de sogueado<sup>7</sup> en el borde de la pieza, y el tratamiento en el que estas decoraciones fueron realizadas (Fig. 4 y 5)<sup>8</sup>. Es por esto que se realizó la hipótesis de que el objeto podría pertenecer al periodo del reino visigodo, puesto que este pueblo se caracterizó por su gran manejo de la orfebrería, elaborando este tipo de objetos de adorno personal que formaba parte de la indumentaria habitual. En un principio en la determinación de su tipología se atribuyó a una hebilla de cinturón por su apariencia a primera vista, ya que era uno de los objetos más realizados por este pueblo que tanto lo caracterizó, pero tras examinarla más detenidamente, se descartó, ya que en el reverso no presentaba ningún tipo de enganche, ni existencia de posibles remaches de sujeción. Las fotografías de Rayos X revelaron un orificio en la parte central inferior, lo que nos hizo cambiar la hipótesis de que podría tratarse una hebilla. Dada las características observadas estaba más cerca de tratarse de un colgante usado como adorno personal, por lo que tras consultarlo con los coordinadores del curso impartido, se determinó que esa podía ser la conclusión más cercana respecto a la tipología y cronología del objeto.

## 5.2. LOS VISIGODOS Y LA ORFEBRERÍA

### La Hispania Visigoda

Pocos han sido los testimonios que nos ha dejado esta época. Esta cultura entra en un desconocimiento, ya que muchos historiadores no llegan a un acuerdo en cuanto al inicio de su asentamiento más importante en la Península Ibérica, aunque lo sitúan a finales del siglo V y principios del VI, abarcando hasta el siglo VIII. Los visigodos eran un pueblo de origen

<sup>6</sup> MINISTERIO DE EDUCACIÓN CULTURA Y DEPORTE. Red Digital de Colecciones de Museos de España. Consulta [2016/06/17.] Disponible en: <http://ceres.mcu.es/pages/Main>.

<sup>7</sup> Decoración en forma de cordón.

<sup>8</sup> MINISTERIO DE EDUCACIÓN CULTURA Y DEPORTE. Museo Arqueológico nacional. Consulta [2016/06/17.] Disponible en: <http://ceres.mcu.es/pages/Viewer?accion=4&AMuseo=MAN&Museo=MAN&Ninv=57413>



Figura 6. Corona de Recesvinto  
(Tesoro de Guarrazar)

germánico, cuyo asentamiento en la península ibérica fue introducida por el norte de ésta después ser derrotados en la batalla de Vouillé (507) por los francos, y posteriormente expulsados del territorio galo, asentándose definitivamente en Hispania y centrando el foco más importante artístico y cultural en Toledo, donde se desarrolló un auge en cuanto a su estilo artístico respecto a la elaboración de objetos de adorno personal, cuya finalidad era estética. La sociedad visigoda, estuvo influenciada por los romanos y otras culturas que convivían en la península en ese momento, tanto en sus costumbres, como artísticamente, produciéndose una fusión entre hispanorromanos y visigodos lo que permitió que de ambas culturas existieran a la vez. Esto se refleja en la evolución de sus objetos de adorno personal.<sup>9</sup>

En el ámbito donde más destacó el pueblo visigodo fue en la orfebrería y artes del metal. Adquirieron una influencia oriental, romana y bizantina. Trabajaban muy bien el oro y las piedras preciosas. Algunas piezas como las coronas votivas del Soitila y Recesvinto<sup>10</sup> elaboradas en oro y con incrustaciones de pedrería, adquieren un gran valor simbólico, y su uso era el de coronar los altares de las iglesias (Fig. 6). Entre éstos cabe nombrar las joyas y los objetos de adorno personales, donde destacan los objetos más representativos de este pueblo como son los colgantes, pendientes, fíbulas<sup>11</sup>, broches de cinturón, anillos,... etc. Destacaban por la originalidad de su decoración cuyo uso era de carácter personal. Aunque eran aficionados al oro y lo trabajaban muy bien, también utilizaron otros metales como el bronce, éste más pobre, que para enriquecerlos utilizaban la policromía y el engarce vidrios de colores sustituyendo a las piedras preciosas.

<sup>9</sup> RIPOLL, G. *Ocupación visigoda en época romana a través de sus necrópolis (Hispania)*, La [tesis doctoral], p. 29.

<sup>10</sup> Corona ofrecida por el rey visigodo Recesvinto (649-672), es la joya principal del más importante tesoro aparecido en el contexto europeo de la Alta Edad Media: Tesoro de Guarrazar (Guadamur, Toledo)

<sup>11</sup> Objetos de metal utilizados como parte de la indumentaria que servían para sujetar o abrochar las prendas de vestir.

## 6 ESTADO DE CONSERVACIÓN

Determinar y evaluar el estado de conservación en el que se encuentra la pieza recibida es fundamental para diseñar un proceso de actuación adecuado en su restauración. Relacionado a ello se realiza la elección del uso de materiales adecuados para nuestra obra, y el método de aplicación, eligiendo siempre materiales que sean lo más reversible posible, para respetar al máximo la pieza.

El apoyo en la elaboración de una documentación fotográfica es de gran ayuda en la determinación de su estado de conservación. Constando ésta de fotografías generales, de detalle, con lupa binocular, rayos x,...etc., ya que en un examen visual de la pieza podrían pasarse por alto características de su estado de conservación, que al complementarlas con otras técnicas, mejoraría la visualización de las superficies metálicas, completando este análisis con una visualización bajo lupa binocular<sup>12</sup>, Análisis de patologías.

Como se ha mencionado anteriormente se desconoce el contexto arqueológico de la pieza en la que se basa este trabajo, por lo que se ha procedido a su diagnóstico e identificación de patologías por examen visual empírica y a través de las diferentes fotografías.

En general el objeto presentaba a su llegada un estado de conservación aceptable, pudiéndose discernir su superficie original y parte de la decoración. La integridad de la pieza no se veía afectada, ya que no se observaron daños significativos en su estructura metálica, en el que cuyo núcleo metálico se encontraba bastante estable y sólido, confirmado por las correspondientes fotografías de rayos X (Fig. 19.), como se muestra en la página 25.

Tan sólo bajo lupa binocular se pudo percibir algunas pequeñas micro pérdidas en la superficie en forma de pequeñas picaduras, no obstante no se observaron productos de corrosión dañinos como serían los cloruros. Tras observar la fotografía de rayos x se pudo determinar que su núcleo metálico se mantenía en muy buen estado, no presentando cambios de grosor en el objeto, ni fisuras.

Las patologías que presentaba la pieza fueron clasificadas de naturaleza electroquímica. Esto tiene lugar en presencia de agua o humedad. Esta corrosión es la más común en la naturaleza. Se producen cuando el objeto

---

<sup>12</sup> DIAZ, S.; GARCÍA, E. *Técnicas metodológicas aplicadas a la conservación-restauración del patrimonio metálico*, p. 39



entra en contacto con un electrolito, en la cual el metal actúa como ánodo y cátodo<sup>13</sup>.

### MATERIALES EXÓGENOS

El colgante se hallaba cubierto casi en su totalidad por una fina capa de concreción terrosa tanto en su anverso como reverso, lo que no es de sorprender, puesto que se trata de un objeto que debía de proceder de un enterramiento terrestre (Fig. 7). En las partes de superficie original expuestas se pudieron observar sin dificultad parte de la decoración que contenía el objeto, intuyendo unas líneas curvas realizadas en zig-zag (Fig. 8).

De forma localizada se observaron pequeñas zonas del reverso de una costra blanquecina, sin embargo se intuía que la capa terrosa ocultaba gran parte de esta concreción calcárea, pudiéndose identificar mediante el test el test de carbonatos descrito más adelante.



### MATERIALES ENDÓGENOS

#### *Productos de corrosión*

Se podría describir los procesos de corrosión como un conjunto de procesos físico-químicos que se establecen entre el metal y el medio, desde la superficie del metal, y que provocan el retorno del metal a un estado mineral más estable.

Dado que el material constituyente de la pieza a restaurar es el bronce, tratándose de un metal no nativo, puesto que la fabricación del cobre se realiza a través de sus menas, su estado estable no se correspondería con el estado metálico de éste, por lo que tenderá a volver a su estado mineral más estable.

La morfología de la corrosión que presentaba la pieza se trata de una corrosión generalizada o uniforme (Fig. 8). Este tipo de corrosión es la menos dañina para los metales, se produce de manera homogénea y no conlleva una penetración de estos productos por lo que actúa creando una capa de corrosión protectora del núcleo. Se podría determinar con esto que el objeto se hallaba enterrado en un tipo de suelo con un pH básico, debido a que en este tipo de suelos se desarrolla menor grado de corrosión. En cambio en suelos con un pH ácido se produce una corrosión más agresiva y dañina, ya que

Figura 7. Macrofotografía de la concreción terrosa.

Figura 8. Fotografía de detalle del Colgante donde se puede observar la decoración incisa y la morfología de la corrosión uniforme o generalizada que presentaba la pieza

<sup>13</sup> DOMÉNECH, M.T. *Principios físico-químicos de los materiales integrantes de los bienes culturales*, p. 411



producen una corrosión mayor y más rápida, pudiendo llegar a desintegrar el objeto por completo.

El grado y tipo de corrosión durante el entierro del objeto depende de:

- Grado de humedad
- Porosidad del suelo
- Ph
- Contenido de sales

Se identificaron los productos de corrosión descritos a continuación.

#### ❖ Óxidos:

**Cuprita**,  $\text{Cu}_2\text{O}$  - óxido de cobre: Se identificó bajo lupa binocular por su apariencia rojiza y sus depósitos en forma cristales localizados en zonas puntuales del reverso (Fig. 9)

Este óxido es el primero en formarse sobre la superficie metálica, siendo el que más predomina en objetos arqueológicos de bronce. Se trata de un mineral de color rojizo. Se presenta como una capa uniforme, compacta y adherida. Se produce cuando el metal reacciona con el medio atmosférico. Se desarrolla creando una capa densa sobre la superficie metálica. Esta capa retarda el proceso de corrosión, actuando como protectora preservando la posible decoración que presente el objeto.<sup>14</sup>, por lo que hoy en día se induce su desarrollo en las esculturas actuales.

**Tenorita**:  $\text{CuO}$  - Óxido de Cobre (II): El objeto presentaba una capa uniforme de tenorita sobre la superficie original en su gran medida por el anverso. Se puede observar el color gris oscuro característico de este óxido en una capa fuertemente adherida al objeto (Fig. 10). En el reverso se observan tanto depósitos de tenorita como de cuprita, esta última en menor medida.

Rara vez la tenorita se desarrolla de forma natural. Se produce a partir de la cuprita expuesta a altas temperaturas y en ambientes con un Ph alcalino. Por lo que es posible que su formación se debiera a que el objeto, al ser parte de un ajuar funerario, fuera incinerado junto con su dueño, ya que se conocen casos de la práctica de este ritual funerario en el pueblo visigodo<sup>15</sup>.

Al igual que la cuprita, la tenorita supone una pátina estable, que protege la pieza de los procesos de corrosión.

#### ❖ Carbonatos:

Figura 9. Depósitos de cuprita, donde también se observa sobre ésta una capa de malaquita

Figura 10. Macrofotografía sobre la tenorita donde se observa su color gris oscuro.

<sup>14</sup> MARTÍNEZ, I. *Estudios integrados de procesos analíticos y conservativos de bronce arqueológico. Aplicación a un casco Monteforino y materiales afines*, p.31

<sup>15</sup> RIPOLL, G. *Op. Cit.* p. 75

**Malaquita:**  $\text{CuCO}_3\text{Cu}(\text{OH})_2$  (Hidroxicarbonato de cobre (II)). En el objeto se pudo observar que sobre la capa de tenorita cubría la superficie una capa uniforme de malaquita, sobre todo en las incisiones de la decoración (Fig.7) . Se identificó fácilmente por su color característico verde oscuro, de fina capa compacta<sup>16</sup>.

La formación de este producto de corrosión es común en objetos arqueológicos que contienen cobre y han estado en contacto con suelos o subsuelos y se desarrolla sobre los óxidos. Supone una pátina menos peligrosa que el resto de productos de corrosión siendo ésta estable y protectora. Se podría determinar que gracias a estos productos de corrosión que presentaba el objeto se ha preservado, dada la naturaleza protectora de éstos, constituyendo una película uniforme y estable desde un punto de vista químico. Esta pátina ha impedido el desarrollo del proceso catódico, produciéndose una pasivación de los procesos corrosivos.

---

<sup>16</sup> MARTÍNEZ, I. Op cit, p. 32

## 6.2. DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA

A la llegada de la pieza se realizó una documentación fotográfica de la misma constando de fotografías generales, macrofotografía, detalle y radiografía.

**Fotografías generales:**



Figura 11. Fotografía general del anverso.



Figura 12. Fotografía general del reverso.

**Macrofotografías:**



Figura 13. Fotografía macro de la decoración del objeto.



Figura 14. Fotografía macro de patologías. Depósitos de cuprita (color rojizo) y malaquita (verde)

### 6.3. DIAGRAMA DE PATOLOGÍAS ANVERSO Y REVERSO

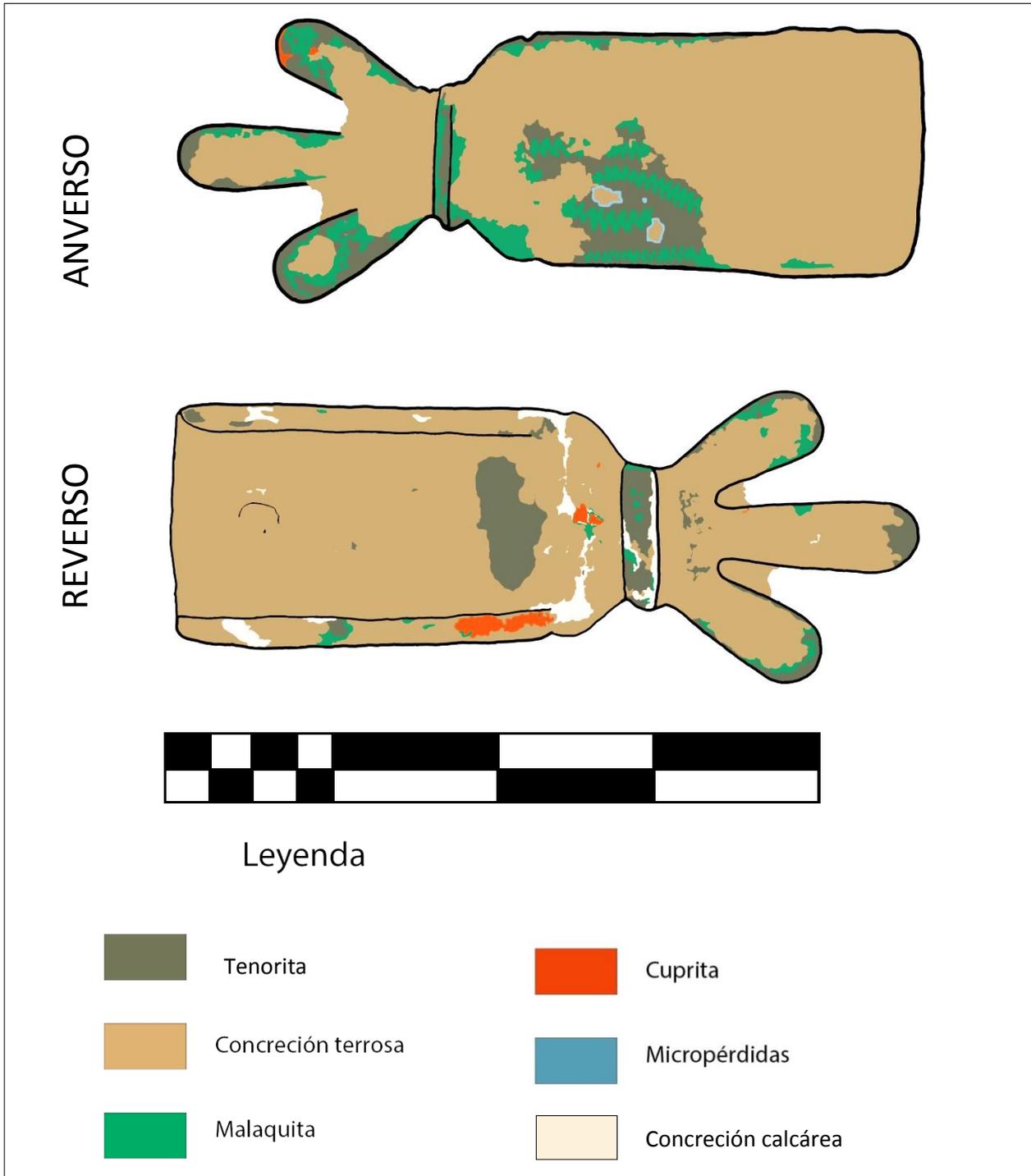


Figura 15. Diagrama de patologías.

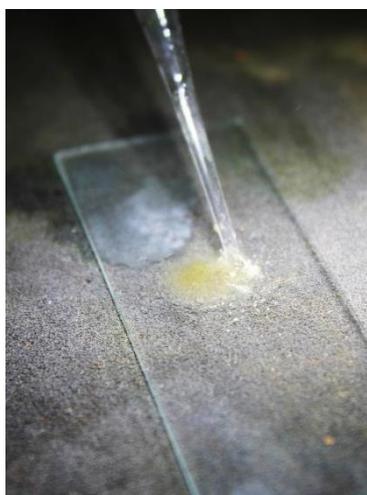


Figura 16: Aplicación del ácido clorhídrico sobre la muestra para el test de carbonatos, donde se aprecia la efervescencia resultando positiva.



Figura 17: Recogida de muestra para la realización del test de carbonatos.

## 6.4. ANÁLISIS PREVIOS

Antes de abordar cualquier tratamiento de intervención, es imprescindible realizar unos análisis previos para elaborar un tratamiento adecuado, ya que cada objeto es diferente, por lo que no se puede recurrir a un tratamiento estándar. Estos análisis previos nos ayudarán a determinar unos procesos de intervención acorde a los criterios de intervención establecidos de una manera bien estructurada y ordenada.

### 6.4.1. Prueba de presencia de carbonatos.

Con el objetivo de identificar si la concreción blanquecina que se percibió en la superficie del reverso del objeto se trataba de una concreción calcárea, se realizó el test de presencia de carbonatos. Para ello se recogió una pequeña muestra de la concreción con un bisturí (Fig. 17) y se depositó en un portaobjetos. Sobre esta muestra se depositó unas gotas de ácido clorhídrico, dando como resultado la producción de una reacción de efervescencia fácilmente reconocible que afirmaba la presencia de carbonatos resultando positiva la realización la prueba (Fig. 16).

#### 6.4.2. *Catas de limpieza.*

A consecuencia de lo delicada de la fase de limpieza, puesto de que se trata de una actuación totalmente irreversible, es imprescindible determinar que materiales y métodos de aplicación se emplearán, por lo que anterior a esta fase se realizaron unas pruebas previas realizando pequeñas catas de limpieza en zonas poco relevantes de la pieza sobre los diferentes materiales exógenos y endógenos a eliminar para elaborar una metodología de actuación requerida por la pieza. Para ello se eligió una serie de disolventes acorde para la eliminación de las diferentes sustancias. Para ello se empleó los siguientes productos.

DISOLVENTE	SUSTANCIA A ELIMINAR	APLICACIÓN	TIEMPO DE SECADO	RESULTADO
Acetona	Concreción terrosa	Mediante hisopo	Rápido	Se produce remoción
Alcohol	Concreción calcárea	Mediante hisopo	Lento	No se produce remoción
Acetona + alcohol 50%	Productos de corrosión	Mediante hisopo	Medio	Se produce remoción
	Concreción terrosa	Mediante hisopo	Medio	Se produce remoción
	Concreción calcárea	Mediante hisopo	Medio	No se produce remoción, reblandece poco

Figura 18. Tabla de catas de limpieza



Figura 19: Radiografía del colgante, donde puede observarse el único orificio

### 6.4.3. Rayos X

Antes de la ejecución de un examen organoléptico, se realizó una documentación fotográfica de la pieza, donde se recogieron fotografías generales, de detalle, macrofotografía y fotografía de rayos X. En la restauración de metal arqueológico es de gran ayuda el apoyo en este tipo de fotografía puesto que nos genera una información fundamental.

Este tipo de estudio arqueométrico resulta de gran apoyo a la hora de abordar la restauración de metales y cobra más importancia en objetos de metal arqueológico dada la gran corrosión y mineralización que éstos pueden presentar.

La radiografía es un método totalmente respetuoso con la pieza puesto que se trata de un método de estudio no invasivo y sirve para determinar las características del objeto que de otro modo no serían visibles. Permite divisar la densidad que presenta la pieza, si hay daño interno, el grado de mineralización en la que se encuentra la pieza, si existen pérdidas, grosor del metal, ya que a diferente espesor del material reacciona de manera diferente ante los rayos x, pudiéndose distinguir decoraciones o falta de material en alguna de sus partes así como la estabilidad y solidez de su núcleo metálico. El material más denso aparecerá de color blanco y los restantes en diferentes tonos de grises hasta ser una fina veladura, donde el negro significaría una falta total de materia<sup>17</sup>.

En cuanto a la información que este tipo de análisis aporta para su limpieza es muy importante para el restaurador, ya que permite localizar la

---

<sup>17</sup> MINISTERIO DE HACIENDA Y FINANZAS PÚBLICAS. *Patrimonio cultural*. [consulta: 2016-10-20]. Disponible en : [http://www.economia.gob.ar/patrimonio\\_cultural/otroestudios/radiografia/](http://www.economia.gob.ar/patrimonio_cultural/otroestudios/radiografia/)

superficie original del objeto, fijando así una delimitación para una limpieza segura.

Además mediante este tipo de análisis se puede obtener un conocimiento más completo y profundo de la pieza.

Nos proporciona información sobre la identidad del objeto, sobre su morfología, estado de conservación, espesores, técnicas de fabricación.

En el caso de nuestro objeto de estudio se puede observar como su núcleo metálico se encuentra en un buen estado, se distingue perfectamente el espesor que presenta en cada parte del objeto, no detectándose falta de materia en él. Se observa el único orificio en la parte inferior central, que a simple vista quedaba oculta debajo de la concreción terrosa (Fig. 19).

## 7 PROCESO DE INTERVENCIÓN

Tras los análisis realizados al objeto y elaborarse el diagnóstico previo de su estado de conservación se procedió a la redacción de la metodología a emplear para su correcta restauración basada en los objetivos planteados consistentes en los puntos detallados a continuación.

### 7.1. LIMPIEZA

Dado que la limpieza es una de las fases más delicadas debido a su carácter irreversible debe realizarse respetando la identidad única de la pieza por lo que si en algún proceso su estabilidad pudiera verse comprometida no se procedería.

Es por ello que previa a la intervención del objeto se establecieron unos criterios en cuanto al nivel de limpieza requerido respetando al máximo su pátina estable llegando a la superficie original de la pieza pero nunca al nivel donde su núcleo metálico quedara visible. Puesto que la capa superficial de tenorita actuaba como protección y no presentaba en ningún momento un riesgo para su estabilidad, se decidió no eliminarla.

Para garantizar los criterios establecidos se procedió a una limpieza avanzando de forma gradual, controlable en todo momento y de manera selectiva para evitar riesgos innecesarios. Comenzando por los más inofensivos y aumentando éstos de forma gradual hasta los más agresivos siempre y cuando la pieza lo requiriera, valorando si era conveniente la eliminación de estas sustancias o por el contrario produciría una alteración en la estabilidad de la pieza por lo que no se aumentaría su nivel de limpieza<sup>18</sup>.

La pieza quedada almacenada siempre en un recipiente con gel de sílice para cerciorarnos de que no entrara contacto con la humedad en el trascurso de su restauración.

Se realizaron los siguientes tipos de limpieza:

---

<sup>18</sup> CARRASCOSA, B. *Op. Cit*

### 7.1.1. Limpieza física- mecánica.

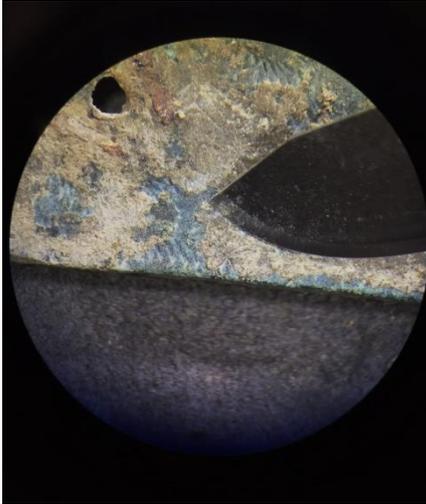


Figura 20: Limpieza mecánica con apoyo de lupa binocular.

El objetivo de esta fase se concentró en la eliminación de la concreción terrosa y calcárea, así como los productos de corrosión que presentaba. El nivel de limpieza realizado se estableció hasta dejar visible la superficie original sin sobrepasar ésta, puesto que jamás debe ser visible su núcleo metálico. Esta superficie no siempre se localiza fácilmente, puesto que en ocasiones la superficie original no es del todo visible, ya sea por una fuerte mineralización del objeto, o que no pueda identificarse su volumetría al estar englobado el objeto en parte del suelo donde permanecía enterrado. Es por ello que la fase de limpieza es la más delicada. Existen métodos de apoyo para el proceso de limpieza como las fotografías de Rayos X, por el cual se puede identificar sin problemas la superficie original. Debido a lo delicado de este proceso, puesto que se trata de un tratamiento irreversible, se evaluó el punto en la que se encontraba la superficie original, que en este caso fue fácilmente localizable, pudiéndose apreciar organolépticamente su volumetría, incluso su decoración incisa en parte del anverso. Se realizó una limpieza de manera progresiva.

Dado que la pieza tenía una concreción terrosa que cubría gran parte de la superficie se avanzó con sumo cuidado, ya que se desconocía si conservaba la decoración debajo de esta capa de suciedad.

Tras realizar las diferentes catas se determinó que una limpieza con 2A (agua y alcohol 1:1) era la más adecuada para la eliminación de esta concreción terrosa, debido a que el tiempo de secado de la acetona era demasiado rápido para poder reblandecer el depósito y a causa de la naturaleza metálica de la pieza se evitó en la medida de lo posible la utilización de agua desionizada. Se inició con una limpieza suave mecánica reblandeciendo la capa de concreción terrosa mediante hisopo mediante hisopo impregnado en la combinación de los disolventes anteriormente seleccionados. Para la eliminación de las concreciones más adheridas y de mayor dureza, se reblandecieron con alcohol y acetona al 50% .

Al estar esta capa adherida a la superficie y no poder retirarla solo con hisopo, se utilizó un bisturí del nº 15 para la eliminación de ésta (Fig. 21). Para un mayor control de la limpieza, puesto que existía el riesgo de rallar la superficie original o producir una erosión en la decoración del objeto, se continuó la limpieza con el apoyo de la lupa binocular, para conseguir una limpieza más controlada y poder trabajar de una manera segura, evitando rallar la superficie, lo que facilitó este proceso (Fig. 20).



Figura 21: *eliminación de las concreciones terrosas mediante la utilización de bisturí*



Figura 22: *Limpieza de las concreciones más resistentes con lápiz ultrasónicos.*



Figura 23: *Limpieza con micromotor de concreciones calcáreas delgadas*

Cuando la capa de concreción fue demasiado fina para que la pieza no corriera el riesgo de ser rallada, se continuó con una limpieza con la actuación de un cepillado con un cepillo de filamento suave impregnándolo en alcohol y acetona al 50%. Esta limpieza dio muy buenos resultados tanto para eliminar los depósitos terrosos que quedaban, como para la eliminación de los productos endógenos de corrosión.

En cuanto a la eliminación de la concreción calcárea, se rebajó el grosor de la capa con bisturí bajo lupa binocular, reblandeciéndolo previamente con alcohol y acetona al 50%. Esto no mostró grandes resultados debido a la naturaleza insoluble y a la dureza de ésta, por lo que se procedió a la utilización de otros instrumentales mecánicos.

Se procedió en primer lugar a la eliminación de la concreción calcárea más gruesa con la espátula de ultrasonidos (Fig. 22), ya que al tener las concreciones menos masa que el objeto se consigue una vibración sobre ella, eliminándose así de la superficie. Dada la estructura sólida del objeto pudo utilizarse este método, aunque siempre trabajando a baja potencia para evitar cualquier daño sobre el objeto, priorizando siempre la estabilidad de éste. Este método dio como resultado el rebaje de la concreción calcárea. Aunque a pesar de ello el resultado no fue del todo satisfactorio, ya que debido a su dureza aún se observaban restos calcáreos altamente adheridos. Para ello, se procedió a la utilización de micromotor para su eliminación<sup>19</sup>, eligiendo un cabezal de cepillo montado circular de cerdas chinas naturales, siempre controlando la potencia oscilando entre 5,5 y 6,5, pudiendo controlar en todo momento la erosión producida (Fig. 23). Si bien dio buenos resultados no fue bastante ya que dejó una fina capa, por lo que se decidió aumentar el nivel de limpieza optando por una limpieza química puntual, descrita en el siguiente punto.

<sup>19</sup> Micromotor de sobremesa de la marca Navfram, modelo N-120

En cuanto al resto de material exógeno, con la combinación de ambos métodos de limpieza se llegó a un nivel de limpieza satisfactorio, por lo que se decidió no realizar ninguna otra acción, puesto que se decidió respetar los compuestos estables y homogéneos que contienen cualidades protectoras de la superficie original, también conocida como pátina.

Se estableció no aumentar el nivel de limpieza mecánica sobre las capas de cuprita, ya que al limpiar con apoyo de la lupa binocular, se percibió que esta capa de corrosión resultaba muy fina y si se aumentaba el nivel de limpieza, lo más probable es que apareciera el núcleo metálico, lo que podía suponer un daño en la integridad de la pieza, no sólo de manera estética, también en la estabilidad de ésta, pues quedando expuesto el núcleo metálico en la superficie, queda en contacto directo con los agentes externos, lo que derivaría en la degradación del metal.

### **7.1.2. Limpieza química**

Dada la resistencia que presentaba los restos calcáreos a su eliminación se evaluó la utilización de este método de limpieza, que aunque es muy agresivo, aplicado de forma selectiva y controlada no supone un riesgo para el objeto.

Estos métodos de limpieza son los más delicados, produce cambios en la composición del objeto, sobre todo en la superficie por lo que tan solo debe utilizarse cuando los tratamientos anteriores menos agresivos no han dado resultados, siempre y cuando el estado de conservación del objeto lo permita. Estos procesos actúan provocando una solubilización de la concreción, haciendo sencilla su retirada. Se debe realizar en bajas proporciones y aplicarla de forma selectiva, evitando su contacto con el resto de la superficie original, ya que estos productos tienen un efecto corrosivo del metal, provocando daños en el metal.

Para la elaboración de este método de limpieza se decidió utilizar una limpieza con un agente quelante o secuestrante EDTA<sup>20</sup> Compuesto orgánico de sales tetrasódicas para solubilizar las concreciones calcáreas. Se aplicó de manera localizada y controlada sobre las pequeñas concreciones calcáreas utilizándola en forma de gel, siendo sus proporciones de EDTA al 5% en 100 ml de agua desionizada más el 3% de agar –agar<sup>21</sup>. La utilización de este gel permitió una limpieza mucho más controlada, aplicándola de forma puntual y

---

<sup>20</sup> DOMÉNECH, M.T. *Op. Cit.* p. 166 – 169.

<sup>21</sup> Este gel se elabora en caliente, lo más adecuado sería en un hornillo. Se deposita 3 g de agar agar y 5g de EDTA en un matraz aforado, y añadir los 100 ml de agua desionizada. En este proceso se deben añadir primero los productos sólidos (EDTA y Agar Agar). A continuación se disuelven éstos en un poco de agua, de este modo no se forman grumos y posteriormente se añade el resto del agua hasta llegar a la medida de 100 ml del matraz aforado. A continuación se calienta la mezcla y se deja enfriar si se quiere depositar en la pieza en forma de lámina sólida o en caliente si se pretende aplicar en estado líquido y sólido al retirarla.

selectiva, actuando solo sobre la concreción calcárea. Se aplicó esta solución en caliente que pasado el tiempo de actuación marcado en cinco minutos, se solidificó y se retiró la película, pudiendo eliminar posteriormente la concreción de forma mecánica.

Inmediatamente después se neutralizó para evitar que el químico siguiera actuando sobre el objeto evitando el riesgo de producir daños. Antes de realizar la siguiente fase de actuación se ejecutó el secado de la pieza mediante baños sucesivos en alcohol y acetona al 50 % y seguidamente se introdujo el colgante en una estufa de aire caliente no superando los 60°C de temperatura, para eliminar toda humedad que quedara sobre el metal.



Figura 24: Objeto arqueológico con presencia de cloruros activos.



Figura 25: Eliminación de cloruros de forma mecánica mediante bisturí



Figura 26: Aplicación de la pasta de óxido de plata y etanol para el sellado de las picaduras libres de cloruros

## 7.2. PROCESO GENERAL DE DECLORURACIÓN

Aunque el objeto de este trabajo presentaba una pátina estable, y no contenía cloruros, es habitual la aparición de estos productos de corrosión en las piezas que contengan cobre en su composición. Para describir los procesos de actuación generales se ha incluido una práctica realizada con otra pieza de la colección que sí presentaba cloruros activos, ya que estos productos de corrosión son los principales responsables en la rápida degradación de los bronceos arqueológicos, pudiendo disgregar por completo la pieza. La producción de éstos tiene lugar cuando los iones cloruros son atraídos por el núcleo metálico y se concentran en la interfase entre el metal y los productos de corrosión. Es el proceso corrosivo más agresivo y dañino para los metales arqueológicos. Debido a esto, si el objeto presenta cloruros activos, y no es posible su restauración, antes de almacenarla es conveniente proceder a esta fase de decloruración, para estabilizar el objeto.

Los cloruros activos tienen un color verdoso claro y presentan un pH ácido que produce picaduras en la superficie del metal (pitting), en cuyo interior se repite cíclicamente la reacción, que en contacto con humedad se hidratan y aumentan de volumen, produciendo una pérdida de material, provocando fisuras y roturas en el interior de la pieza, lo que imposibilita eliminarlas de manera mecánica.

Para este ejemplo se ha utilizado otra pieza de la colección que sí presentaba estos productos de corrosión (Fig. 24).

A continuación se detalla el proceso habitual para eliminarlos, sellarlos e inhibirlos para que no vuelvan a proliferar, asegurando así la integridad del objeto, impidiendo el aumento en su desarrollo.

En primer lugar se introdujo la pieza en un baño de una solución acuosa de sesquicarbonato de sodio ( $\text{NaHCO}_3 - \text{NaCO}_3$ )<sup>22</sup> al 5% en agua desionizada durante 24 horas, cambiando la solución cuando el líquido se tornaba a un color azulado. Este cambio de color se debe a que los cloruros pasan a la solución. El bicarbonato reacciona con el cobre y produce carbonato básico de cobre que precipita en la superficie del metal y puede ocupar los poros del metal, aunque tiene el inconveniente de que si los baños son prolongados en el tiempo, pueden eliminar pátinas estables.



Figura 27: Aplicación del inhibidor. Momento en el que se realiza la inhibición de la pieza mediante su inmersión.

Para estar seguros de que no quedaban cloruros activos, se debe realizar una prueba en cámara de humedad, puesto que en presencia de ésta los cloruros afloran volviéndolos visibles en la superficie debido al aumento de su volumen. Se introduce la pieza en la cámara de humedad durante 48 horas. Pasado este periodo se debe observar si presenta cloruros activos fácilmente visibles en su superficie. De modo que se procede al sellado de éstos. Para ello se eliminan inicialmente de forma mecánica con un bisturí y aguja en las cavidades más pequeñas hurgando en ellas (Fig. 25). Eliminados estos productos de corrosión mecánicamente, se sellan las diferentes picaduras aplicándole con un pincel el tratamiento de Organ (Fig. 26). Este tratamiento consiste en el sellado de las picaduras con óxido de plata, rellenando las cavidades con una pasta compuesta de óxido de plata + Etanol, que introduciendo el objeto posteriormente el objeto en una cámara de humedad durante 48 horas, estos cloruros de cobre se transforman en cloruros de plata, siendo estos últimos más estables, dando como resultado la estabilización del objeto.

### 7.3. INHIBICIÓN

Este proceso proporciona al objeto metálico estabilidad y previene los procesos corrosivos mediante la creación de una barrera física-química que impide el contacto con la acción de bases, ácidos, humedad, ...etc. Estas sustancias químicas actúan formando una capa de protección por combinación química. Según los últimos estudios es recomendable el uso combinado de dos inhibidores para aumentar su eficacia<sup>23</sup>.

Finalizada la fase de limpieza y secado del objeto se procedió a la aplicación de un inhibidor, con el objetivo de ralentizar los procesos corrosivos, evitándose así su deterioro<sup>24</sup>.

<sup>22</sup> Carbonato de sodio + bicarbonato de sodio

<sup>23</sup> DIAZ MARTINEZ, S. *Técnicas metodológicas aplicadas a la conservación-restauración del patrimonio metálico*, p. 57

<sup>24</sup> MARTÍNEZ, I. Op. Cit., p. 63.

En la actualidad se utiliza una disolución de BTA (benzotriazol)<sup>25</sup> y AMT<sup>26</sup> en solución hidro-alcohólica 1:1 con las proporciones de 3 % de BTA, 1 % de AMT, ya que estos inhibidores son específicos en el tratamiento del bronce, no alteran la apariencia estética del objeto, y según las últimas investigaciones son más efectivos utilizados en combinación que por separado<sup>27</sup>. La inhibición de la pieza se llevó a cabo mediante inmersiones dejando la pieza secar entre baño y baño. (Fig. 27).

Si bien esta capa de inhibición aplicada detiene los procesos de corrosión, la duración de ésta dependerá de las condiciones de almacenamiento y exposición, debiendo tener unos parámetros de baja Humedad Relativa y temperatura suave, ya que se degradan a una temperatura superior a 60°C.

#### 7.4 PROTECCIÓN

Para evitar el deterioro del objeto posterior a su limpieza e inhibición, esta fase del tratamiento consiste en aislar el objeto con los agentes contaminantes del exterior como la humedad y el O<sub>2</sub>, obturando los poros grietas y posibles accesos de la superficie. Las sustancias aplicadas deben cumplir unos requisitos que aseguren la estabilidad de la pieza. No deben reaccionar con el metal y deben ser inertes, transparentes y que no modifique la apariencia estética del objeto.

Con la protección superficial complementaria a los productos inhibidores de la pieza se puede dar por finalizada la intervención de ésta. Se procedió a la aplicación de la capa protectora de resina acrílica Paraloid® B – 44, ya que ha mostrado mayor efectividad a otros Paraoid (Fig. 28). Como inconveniente hay que señalar que se deteriora rápidamente por radiación UV, produciendo una pérdida de elasticidad y amarilleamiento superficial.<sup>28</sup>

Se optó por aplicar una solución de Paraloid® B – 44 8%, BTA 3%, acetona + etanol 9:1<sup>29</sup>, aplicado por impregnación con un pincel asegurando de cubrir toda la superficie del objeto. Dado que esta capa puede alterar la estética del objeto presentando una apariencia brillante, se tamponó sobre la pieza con una muñequilla impregnada en acetona hasta conseguir una apariencia mate (Fig. 29). Si bien una segunda capa con cera microcristalina hubiese remitido ese brillo, se decidió que con la aplicación de una única capa con resina acrílica cumplía con lo requerido.

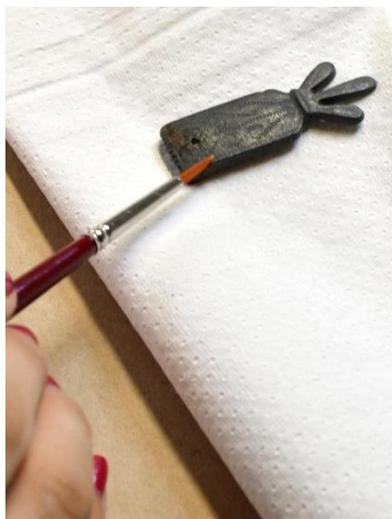


Figura 28: Aplicación de la capa protectora compuesta por Paraloid® B – 44 8%, BTA 3%, acetona + etanol 9:1 mediante pincel

Figura 29: Reducción del brillo causado por la capa protectora mediante muñequilla impregnada en acetona.

<sup>25</sup> Este forma un compuesto insoluble con los iones cúpricos, lo que impide actuar a los cloruros para producir sus sales y causar corrosión activa.

<sup>26</sup> Composición AMT: 2 Aminio- 5 Mercapto – 1,3,4 Thiadazol

<sup>27</sup> DIAZ MARTINEZ, S. *Op. Cit.*, p. 57

<sup>28</sup> *Ibid.*

<sup>29</sup> Tras los problemas de exposición a la radiación UV del Paraloid® B – 44 se desarrolló un compuesto llamado Inbralac® compuesta por resina acrílica con adición de BTA que actúa como inhibidor y filtro a radiaciones UV

## 8 CONSERVACIÓN PREVENTIVA

Para la adecuada preservación de los objetos que forman parte del patrimonio es necesario realizar un seguimiento regular sobre ella. Por lo que el conservador/restaurador deberá elaborar una serie de recomendaciones para garantizar su adecuada conservación, elaborando unas pautas de actuaciones directas o indirectas cuya finalidad sea la estabilidad de la obra y mantener un buen estado de conservación el mayor tiempo posible. Debe evitarse en la medida de lo posible su intervención, actuando indirectamente para controlar su deterioro antes de que se produzca<sup>30</sup>.

En el caso de la pieza tratada en este trabajo se han elaborado unas pautas de conservación elaboradas según sus características intrínsecas y materiales empleados en su restauración, ya sea en su almacenaje, embalaje para su traslado, o si permanecerá expuesta.

- Para un correcto el embalaje del objeto se debe hacer uso de materiales inertes para proteger la pieza y minimizar los daños en el transcurso de su traslado.
- Su contenedor de almacenaje debe incluir plantillas de espuma rígida realizada a la medida del objeto para evitar movimientos y vibraciones, para ello se corta la silueta directamente en la espuma. En la parte inferior del recipiente se depositará gel de sílice, que en ningún momento deberá entrar en contacto con el objeto. El gel de sílice absorberá la humedad, asegurando que no entre en contacto con la superficie metálica de la pieza.
- Para la adecuada exhibición debe exponerse la pieza en una vitrina hermética donde quede aislada del medio ambiente. Ésta no debe contener madera puesto que su utilización suponen un contaminante, a causa de se trata de un compuesto orgánico que desprende ácido acético y fórmico. Para un mayor control de la temperatura y humedad relativa es recomendable el uso de termohigrógrafo en el interior de la vitrina. La iluminación recibida no debe superar los 300 lux, y habrá que evitar la exposición de la pieza a radiación UV, ya que la película aplicada como protección se deteriora con la exposición a ésta.

---

<sup>30</sup> GARCÍA, I. *La conservación preventiva de bienes culturales*, p. 71

En cada una de las pautas descritas arriba los factores de riesgos controlar son la iluminación que no debe superar los 300 lux, la temperatura debe encontrarse entre 20 – 25°C, el grado de humedad, que debe estar alrededor del 30%, siendo favorable un ambiente seco para los metales arqueológicos, y los factores contaminantes<sup>31</sup>.

---

<sup>31</sup> En el caso del cobre y sus aleaciones son el dióxido de azufre y el ion cloruro.

## 9 SISTEMAS EXPOSITIVOS. TÉCNICAS DE EXPOSICIÓN DE PEQUEÑAS PIEZAS

Tal y como se ha dictado en el punto anterior durante la exposición de la pieza debe tener unas condiciones ambientales para evitar su deterioro. A nivel expositivo hay una serie de técnicas para atraer la atención de los visitantes.

Especialmente para la exposición de objetos de pequeño tamaño la utilización estas técnicas expositivas ayudaran al visitante a entender y tener una visión más completa de la pieza.

### **Vista ampliada del objeto:**

Es de gran utilidad la utilización de fotos o dibujos representativos ampliados donde pueda distinguirse todos sus detalles como las decoraciones y entender el tratamiento de éstos.

Otro método sería la utilización de vitrinas en la que se incorpore una lupa donde se pueda tener una visión ampliada y poder apreciar los detalles de las piezas más pequeñas.

### **Cartelería:**

Los carteles que apoyan la exposición de las piezas deben atraer a los visitantes, por lo que sería conveniente que el texto que contenga no sea excesivo o escaso y entendible para todo tipo de público.

Un buen método para un entendimiento total de la pieza sería la recreación en su contexto, incluyendo el dibujo de un personaje con la indumentaria propia de la época histórica a la que pertenece en el que porte el objeto tal y como sería. Esto llevaría a un nivel de visión global del objeto.

## 10 CONCLUSIONES

En base a los objetivos planteados y tras el proceso y resultado del tratamiento realizado al objeto de este trabajo mediante la metodología empleada se puede concluir que:

- El resultado de la intervención de la pieza ha sido totalmente satisfactorio. Se le ha devuelto la correcta lectura a la pieza tras la eliminación los materiales exógenos y productos de corrosión que dificultaba su visualización. Establecer el nivel de limpieza preservando la capa de corrosión pasiva ha sido lo más adecuado, puesto que no supone un riesgo en la estabilidad del colgante y no ocultaba su decoración.
- La falta de información sobre el contexto arqueológico del objeto, ha dificultado su contextualización tanto en su aspecto histórico como técnico, comprobando el daño que supone la apropiación de objetos arqueológicos en beneficio particular, ya que estos objetos forman parte de un patrimonio colectivo.
- No existen tratamientos generales en la restauración. Cada pieza requiere unas actuaciones específicas, donde la propuesta de intervención previa ha ido modificándose a medida que han surgido otros problemas, como ha sido el caso de la concreción calcárea, que ha requerido una limpieza química que no se planteaba al inicio de la intervención. La aplicación de forma selectiva utilizando un gelificante ha dado muy buenos resultados, actuando exclusivamente sobre la concreción.
- Aunque el colgante no presentaba productos de corrosión excesivamente dañinos, su estabilización ha sido imprescindible para evitar que sigan actuando estos productos corrosivos, salvaguardándolo así el mayor tiempo posible.
- Para una correcta conservación de la pieza es importante seguir las pautas que se han dictaminado para su conservación preventiva asegurando así la perdurabilidad del objeto. Estas medidas de actuaciones conservativas consiguen la prevención de su futuro deterioro, con lo que se evitará su intervención directa el mayor tiempo posible.

## 11 BIBLIOGRAFÍA

ASHURST, J.; ASHURST, N. *Practical building conservati3n. Metals*. Hampshire : Gower Technical Press. 1988

CARRASCOSA MOLINER, B. *La conservaci3n y restauraci3n de objetos cer3micos arqueol3gicos*. Madrid: Tecnos, 2009

DIAZ MARTINEZ, S.; GARCÍA ALONSO, E. Técnicas metodol3gicas aplicadas a la conservaci3n-restauraci3n del patrimonio met3lico. En: *Publicaciones electr3nicas de la Secretarí de Estado y Cultura*. España: Secretarí General Técnica [consulta: 2016-09-2]

DOMÉNECH CARBÓ, M. *Principios fí sico-químicos de los materiales integrantes de los bienes culturales*. Valencia: Editorial Universitat Politècnica de València, 2013.

GARCÍA FERNÁNDEZ, I. *La conservaci3n preventiva de bienes culturales*. Madrid: Alianza, 2013.

GARCÍA FORTES, S.; FLOS TRAVIESO, N. *Conservaci3n y restauraci3n de bienes arqueol3gicos*. Madrid: Síntesis, 2008.

GARCÍA, I. M. *La conservaci3n preventiva y la exposici3n de objetos y obras de arte*. Madrid: Alianza Editorial, S.A, 2013.

LLOBET, S.; MORENO, I. Técnicas de investigaci3n del patrimonio met3lico. En : *Intervenci3n de conservaci3n y restauraci3n sobre un conjunto de hebillas y broches de cintur3n visigodos*. *Actas del I Congreso de conservaci3n y restauraci3n del patrimonio met3lico*, Madrid, 10 -12 abril 2008

MARTÍNEZ LÁZARO, I. *Estudios integrados de procesos analíticos y conservativos de bronce arqueol3gico. Aplicaci3n a un casco Monteforino y materiales afines* [ tesis doctoral]. Valencia: Universitat Politècnica de València, 2016.

RIPOLL LÓPEZ, G. *La ocupaci3n visigoda en época romana a través de sus necrópolis* [ tesis doctoral]. Barcelona: Universidad de Barcelona, 1986.

### CONSULTA EN PÁGINAS WEB

MINISTERIO DE HACIENDA Y FINANZAS PÚBLICAS. *Patrimonio cultural*. Buenos Aires: Ministerio de Hacienda [consulta: 2016-10-20]. Disponible en :  
<[http://www.economia.gob.ar/patrimonio\\_cultural/laboratorio/estratigrafia-microscopia-electronica-sem-edx/](http://www.economia.gob.ar/patrimonio_cultural/laboratorio/estratigrafia-microscopia-electronica-sem-edx/)>  
<[http://www.economia.gob.ar/patrimonio\\_cultural/otrosestudios/radiografia/](http://www.economia.gob.ar/patrimonio_cultural/otrosestudios/radiografia/)>

MINISTERIO DE EDUCACIÓN CULTURA Y DEPORTE. *Red Digital de Colecciones de Museos de España*. Madrid: Consulta [2016/06/17.] Disponible en: <http://ceres.mcu.es/pages/Main>,

MINISTERIO DE EDUCACIÓN CULTURA Y DEPORTE. *Museo Arqueológico nacional*. Madrid: Consulta [2016/06/17.] Disponible en: <http://ceres.mcu.es/pages/Viewer?accion=4&AMuseo=MAN&Museo=MAN&Ninv=57413>

## 12 ÍNDICE DE IMÁGENES

- Figura 1. Fotografía general del anverso del objeto a su llegada. Fuente: Propiedad del autor.....10
- Figura 2. Ficha técnica de las características del colgante. Fuente: Propiedad del autor.....11
- Figura 3. Dibujo técnico donde figuran sus dimensiones. Fuente: Propiedad del autor.....12
- Figura 4. Hebilla de cinturón visigodo del Museo Arqueológico Nacional, (MAN) con la que se ha realizado la comparación de decoración con el objeto de este trabajo. Fuente: MAN, disponible en <http://ceres.mcu.es/pages/Viewer?accion=4&AMuseo=MAN&Museo=MAN&Ninv=57413>.....13
- Figura 5. Hebilla de cinturón visigodo del Museo Arqueológico Nacional, (MAN) con la que se ha realizado la comparación de decoración con el objeto de este trabajo. Fuente: MAN, disponible en <http://ceres.mcu.es/pages/Viewer?accion=4&AMuseo=MAN&Museo=MAN&Ninv=57413>.....13
- Figura 6. Corona de Recesvinto (Tesoro de Guarrazar) . Fuente: MAN, disponible en [http://ceres.mcu.es/pages/ResultSearch?Museo=MANT&txtSimpleSearch=Incrustaci%F3n&simpleSearch=0&hipertextSearch=1&search=simple&MuseumsSearch=MANT%7C&MuseumsRolSearch=36&listaMuseos=\[Museo%20Arqueol%F3gico%20Nacional%20\(Colecci%F3n%20Tesoros%20del%20MAN\)\]](http://ceres.mcu.es/pages/ResultSearch?Museo=MANT&txtSimpleSearch=Incrustaci%F3n&simpleSearch=0&hipertextSearch=1&search=simple&MuseumsSearch=MANT%7C&MuseumsRolSearch=36&listaMuseos=[Museo%20Arqueol%F3gico%20Nacional%20(Colecci%F3n%20Tesoros%20del%20MAN)]) ..... 14
- Figura 7. Macrofotografía de la concreción terrosa. Fuente: Propiedad del autor.....17
- Figura 8. Fotografía de detalle del Colgante donde se puede observar la decoración incisa y la morfología de la corrosión uniforme o generalizada que presentaba la pieza Fuente: Propiedad del autor.....17
- Figura 9. Depósitos de cuprita, donde también se observa sobre ésta una capa de malaquita. Fuente: Propiedad del autor.....18
- Figura 10. Macrofotografía sobre la tenorita donde se observa su color gris oscuro. Fuente: Propiedad del autor.....18

Figura 11. Fotografía general anverso. Fuente: Propiedad del autor.....	20
Figura 12. Fotografía general reverso. Fuente: Propiedad del autor.....	20
Figura 13. Fotografía macro de la decoración del objeto. Fuente: Propiedad del autor.....	21
Figura 14. Fotografía con aumento de los productos de corrosión donde se observa cuprita, malaquita. Fuente: Propiedad del autor.....	21
Figura 15. Diagrama de patologías. Fuente: Propiedad del autor.....	22
Figura 16. Aplicación del ácido clorhídrico sobre la muestra para el test de carbonatos, donde se aprecia la efervescencia resultando positiva. Fuente: Propiedad del autor .....	23
Figura 17. Recogida de muestra para la realización del test de carbonatos. Fuente: Propiedad del autor.....	23
<hr/>	
Figura 18. Tabla de catas de limpieza. Fuente: Propiedad del autor.....	24
Figura 19. Radiografía realizada al colgante. Fuente: Responsables del curso “Bronce arqueológico, diagnosis y restauración” .....	25
Figura 20: Limpieza mecánica con bisturí bajo lupa binocular. Fuente: Propiedad del autor.....	28
Figura 21. Eliminación de las concreciones terrosas mediante la utilización de bisturí. Fuente. Propiedad del autor.....	29
Figura 22: Limpieza de las concreciones más resistentes con lápiz ultrasonidos. Fuente: Propiedad del autor.....	29
Figura 23: Limpieza con microtorno de concreciones calcáreas delgadas. Fuente: Propiedad del autor. ....	29
Figura 24: Objeto arqueológico con presencia de cloruros activos. Fuente: Propiedad del autor.....	32
Figura 25: Eliminación de cloruros de forma mecánica mediante bisturí. Fuente: Propiedad del autor.....	32
Figura 26: Aplicación de la pasta de óxido de plata y etanol para el sellado de las picaduras libres de cloruros. Fuente: Propiedad del autor.....	32

Figura 27: Aplicación del inhibidor. Momento en el que se realiza la inhibición de la pieza mediante su inmersión. Fuente: Propiedad del autor.....33

Figura 28: Aplicación de la capa protectora compuesta por Paraloid® B – 44 8%, BTA 3%, acetona + etanol 9:1 mediante pincel. Fuente: Propiedad del autor.....34

Figura 29: Reducción del brillo causado por la capa protectora mediante muñequilla impregnada en acetona. Fuente: Propiedad del autor.....34

## 13 ANEXO

### FOTOGRAFÍAS FINALES TRAS LA INTERVENCIÓN DE LA PIEZA

