

TFG

**ESTUDIO HISTÓRICO Y PROPUESTA
DE INTERVENCIÓN DE UNA BALANZA
METÁLICA**

Presentado por Domingo Eduardo Morales Darias

Tutora: Montserrat Lastras Pérez

Facultat de Belles Arts de Sant Carles

Grado en Conservación y Restauración de Bienes Culturales

Curso 2020-2021



**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**



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

RESUMEN

El presente trabajo comprende el estudio histórico y la propuesta de intervención de una balanza antigua de metal, la cual, se consideró oportuna debido al estado que presenta y el potencial que provee para llevar a cabo un caso de estudio.

Los puntos a tratar inician con una breve introducción, que resalta los aspectos importantes de la pieza en relación a su estado de conservación, el origen y análisis de las condiciones en las que se encuentra, también abarca un estudio de los tipos de balanzas, el ensamblaje y sistema de funcionamiento de la mismas, así como el cambio que estas han podido tener con el paso del tiempo. Por otro lado, comprende parte de las premisas que incitan a la creación de la pieza como un utensilio dentro de la sociedad.

Consiguientemente, se procede a explicar los aspectos morfológicos y técnicos de la pieza como sus dimensiones, el material de fabricación y los mapas de daños para analizar los deterioros que posee la obra.

Dentro de la propuesta de intervención, se engloban conocimientos técnicos ajustados a las exigencias de la pieza, los cuales, proveen unas prestaciones eficaces para el resarcimiento de las patologías y factores que pueden atentar contra la perdurabilidad de la balanza, deteriorando progresivamente su materia prístina y agravando el daño presente a un nivel más elevado.

Finalmente, se abarcan aspectos relacionados a la conservación preventiva para la correcta preservación, mantenimiento y manipulación de la obra en todo momento, evitando acelerar el proceso de deterioro de la misma.

PALABRAS CLAVE

Bilancia, bilanx, balanza, conservación, restauración.

ABSTRACT

This work includes the historical study and the intervention proposal of an old metal scale, which was considered appropriate due to the state it presents and the potential it provides to carry out a case study on said work.

The points to be treated begin with a brief introduction, which highlights the important aspects of the piece in relation to its state of conservation, the origin and analysis of the conditions in which it is found, also includes a study of the types of scales, the assembly and operating system of the same, as well as the change that these have been able to have over the ages. On the other hand, it includes part of the premises that incite the creation of the piece as a tool within society.

Consequently, we proceed to explain the morphological and technical aspects of the piece such as its dimensions, manufacturing materials and damage maps to analyze the damage that the piece has.

Within the intervention proposal, technical knowledge is included, adjusted to the requirements of the piece, which provide effective benefits to compensate for the pathologies and factors that may threaten the balance's durability, progressively deteriorating its pristine matter and aggravating the damage present to a higher level.

Finally, aspects related to preventive conservation are covered for the correct preservation, maintenance and manipulation of the work at all times, avoiding its deterioration process to hasten.

KEYWORDS

Bilancia, bilanx, scale, conservation, restoration.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

2. OBJETIVOS

3. METODOLOGÍA

4. LA BALANZA

- 3.1. ORIGEN
- 3.2. SIMBOLOGÍA
- 3.3. EVOLUCIÓN
- 3.4. TIPOLOGÍA

5. DESCRIPCIÓN DE LA PIEZA

- 5.1. DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA
- 5.2. FICHA TÉCNICA
- 5.3. PARTES DE LA OBRA
- 5.4. CROQUIS DE MEDIDAS

6. EL HIERRO

- 5.1. ORIGEN
- 5.2. PROPIEDADES
- 5.3. APLICACIONES
- 5.4. COMPUESTOS Y USOS
- 5.5. ALEACIONES DEL HIERRO

7. ESTADO DE CONSERVACIÓN

- 7.1. DAÑOS MECÁNICOS
- 7.2. DAÑOS FÍSICO-QUÍMICOS
- 7.3. MAPAS DE DAÑOS

8. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

- 8.1. PRUEBAS PREVIAS
- 8.2. LIMPIEZA
- 8.3. ELIMINACIÓN DE PRODUCTOS DE CORROSIÓN
- 8.4. SECADO Y DESENGRASADO
- 8.5. INHIBICIÓN
- 8.6. PROTECCIÓN

9. CONSERVACIÓN PREVENTIVA

- 9.1. RECOMENDACIONES EXPOSITIVAS

10. CONCLUSIÓN

11. BIBLIOGRAFÍA

12. ÍNDICE DE IMÁGENES

1. INTRODUCCIÓN

Los instrumentos de medición han sido una vía de resolución a las necesidades dentro del comercio a lo largo de la historia, donde la intención prístina de su creación se da por la necesidad de artefactos, que pudiesen determinar el peso de materiales destinados al comercio en general, como es el caso de la balanza o báscula.

Por medio de la siguiente investigación se contempla el estudio histórico y la propuesta de intervención para una báscula de hierro. Dentro del estudio, se plasma el origen de la primera balanza como invención ante la necesidad de un artefacto capaz de pesar las mercancías para el comercio hace 2000 años.

A su vez, se explican las diferentes tipologías de este artefacto de gran utilidad para las sociedades, a lo largo del tiempo contrastando las nuevas versiones de la invención con las anteriores y se da a conocer la intención detrás de cada mejora en relación al funcionamiento.

Referente a la pieza, se abarca el estado de conservación de la misma, donde se engloban las características referentes a la condición de la pieza en el presente. A su vez, por medio de este apartado se conocen aspectos de la obra que sirven como información para la toma de decisiones a realizar dentro de la propuesta de intervención. Como resultado se obtiene una metodología que permite actuar sobre la obra siendo dicha acción lo menos invasiva posible para la obra.

Paralelamente, se engloban las pautas a seguir para la correspondiente propuesta de intervención, contemplando tanto los pasos previos a esta, como la documentación fotográfica e histórica sobre la pieza, así como los aspectos a posteriori, que abarcan las medidas de conservación preventiva a tener en cuenta para la correcta conservación en el futuro, donde se hace referencia al adecuado embalaje y transporte de la misma en caso de ser movilizada. Adicionalmente, se plantea la importancia de tratar a la pieza rigurosamente, debido a las particularidades que esta posee y hacen de ella una pieza singular, ya que el material constitutivo de la balanza es de tipo metálico y la actuación incorrecta sobre la misma puede generar problemáticas que causen alteraciones irreversibles.

Dentro de este documento se exalta la importancia de la preservación de este tipo de piezas, ya que representan el avance tecnológico debido a la transformación que ha surgido dentro de los instrumentos de peso desde la antigüedad hasta la actualidad.



Figura 1. Vista general de la obra.

2. OBJETIVOS

Por medio de este trabajo se hace un caso de estudio de una balanza o báscula metálica que contempla el estado de conservación de la misma junto a una documentación histórica para proponer un proceso de intervención adecuado y su correcta preservación en el tiempo.

Dentro de los objetivos específicos se encuentran:

- Elaborar una documentación histórica que permita identificar la tipología de la obra dentro de un contexto.
- Definir las particularidades de la obra como caso de estudio en contraste con otras piezas similares a través de un estudio técnico.
- Definir un análisis textual y gráfico del estado de conservación de la obra

Dentro de los objetivos generales se encuentra:

- Documentar fotográficamente la obra para determinar sus características y alteraciones.
- Identificar las patologías dentro de la pieza para determinar las posibles alternativas ante el deterioro que pueda estar sufriendo.
- Formular una propuesta de intervención ajustada a las necesidades de la obra, sirviendo de punto de partida en caso de efectuarse una restauración en el futuro.
- Formular una conservación preventiva y expositiva eficaz, prolongando la longevidad y durabilidad de la obra con el paso del tiempo.

3. METODOLOGÍA

A continuación, se engloba la metodología utilizada para el presente trabajo con el fin de conseguir los objetivos planteados, llevando a cabo la adecuada investigación, documentación histórica de la pieza y la propuesta de intervención planteada para la misma.

- Investigación tipológica de la obra por documentación específica de fuentes bibliográficas primarias, secundarias y terciarias, como lo son monografías, revistas, entrevistas, páginas web especializadas y archivos documentales.
- Búsqueda y recopilación de fuentes escritas y fuentes on-line
- Comparación y análisis de distintas tipologías de balanza con características similares, a su vez, estudio de la información obtenida.
- Ejecución de un estudio fotográfico y técnico por medio de fotografías generales y de detalle.
- Investigación para el registro descriptivo de los aspectos técnicos y partes que constituyen la obra a fin de definir el estado de conservación en el que se encuentran.
- Desarrollar una propuesta de intervención partiendo de la hipótesis, debido a la ausencia de toma y análisis que respalden los procesos planteados.
- Realización de una propuesta de conservación preventiva que ampare la integridad material e inmaterial de la obra a través del tiempo

4. LA BALANZA

4.1 ORIGEN

Durante el año 3500 a. C. en Neqada¹, dado el creciente intercambio de mercancías dentro del comercio en Egipto, surge la necesidad de pesar y medir los distintos productos que eran intercambiados entre los mercaderes de la época para precisar las unidades a comercializar². Como resultado de este planteamiento surge la balanza (Fig. 2), un instrumento empleado para medir la masa de los cuerpos, cuya medición variaba dependiendo de la precisión del tipo de balanza.³



Figura 2: Representación simbólica de una balanza empleada en el antiguo Egipto.

4.2 SIMBOLOGÍA

En Egipto, la balanza representaba el conducto hacia el disfrute de un paraíso para toda la eternidad, o la abolición de la inmortalidad por las fechorías cometidas en vida de aquellas almas difuntas que atravesaban el juicio de Anubis, por medio del pesaje de sus corazones sobre el instrumento junto a la pluma de la diosa Maat o "Pluma de la Verdad"⁴, siendo esta invención un símbolo de la verdad y orden universal.

Durante la existencia de civilizaciones posteriores, la balanza hacia alegoría a la justicia, relacionada con Themis, diosa griega de la justicia. En Roma la balanza hizo referencia a la diosa Iustitia⁵, una adaptación de Themis para los romanos.

4.3 EVOLUCIÓN

- Origen

La primera balanza se data en el año 3.500 a. C., proveniente de la localidad de Neqada, Egipto, sin embargo, se data otro descubrimiento en Babilonia⁶ sobre el año 2600 a. C.



Figura 3. Balanza de brazos.



Figura 4. Las plomadas empleadas para las balanzas provenían de invenciones como esta plomada antigua para construcción.

Este artefacto se fabricaba en el cobre o bronce y su estructura consistía de una columna y un astil atados entre sí por la parte central del astil, de esta se aseguraba que los extremos del mismo tuviesen la misma longitud. A su vez, en los extremos del astil se encontraban dos platillos suspendidos por medio de cuerdas atadas a los extremos del mismo y fabricados igualmente con cobre o bronce. A este tipo de balanza se le denominaba balanza de brazos (Fig. 3).⁷

Por medio de este instrumento los funcionarios verificaban la exactitud del pesaje de los comerciantes, y a su vez los comerciantes empleaban estándares de medición, fabricados igualmente en cobre o bronce tanto en Egipto como

1 Collado, A. *Historia de la Balanza*, p. 16.

2 Lucendo, J. (2019). *80 Siglos De Invenciones: Diccionario De Los Inventos*, p. 102.

3 *Ibid.*, p. 102.

4 BERBEL, C. (2015). *¿Cuál es el significado de la balanza y la espada que porta la mujer, símbolo de la Justicia?*. Disponible en: <https://confilegal.com>.

5 *Ibid.*

6 Acanomas Networks. (2017). *Balanza: Inventos y Descubrimientos*. Disponible en: <http://www.acanomas.com>.

7 PATIN, J. (2013). *Los Instrumentos Para Pesar: Un Paseo Por La Historia De Las Básculas*, p. 4.

en Asia, donde también se popularizó el uso de una balanza similar a la ya empleada por los egipcios.⁸

Cabe destacar que con el paso del tiempo se fueron realizando modificaciones a esta invención, entre los más tempranos se destaca la introducción de una plomada para determinar la precisión, esta adición se data sobre el año 1.500 a. C.⁹ (Fig. 4)



Figura 5. Balanza romana denominada *Trutina* ó estatera romana.

• Edad Antigua

Dentro de la antigua Roma se popularizó un tipo de balanza denominado *estatera* o *escala romana*. Esta invención difería de la balanza de brazos egipcia puesto que poseía brazos de distinta longitud, sobre los que se colocaba la mercancía en el brazo más corto y un pilón en el brazo más largo (Fig. 5).¹⁰

El mecanismo de este consistía en el recorrido del pilón sobre el brazo para obtener la precisión deseada y el peso de la mercancía por medio del recorrido de dicho pilón.¹¹

Adicionalmente, se empleaban otros instrumentos de medición, dentro de los cuales está la *Trutina*, empleada para pesajes grandes y la *moneta* para pesas pequeñas. La unidad de medida empleada para los pesajes de todo tipo era la libra¹² o el libro correspondiente al peso que tenía la moneda de la época¹³.

• Edad Moderna

A finales del siglo XVI surge el orujo, una medida de masa dividida en 8 onzas que sustituyó a la libra como unidad de masa hasta 1795 y con una equivalencia 24 gramos por parte del *denier*¹⁴, la denominación más pequeña de este tipo de moneda.

A finales del siglo XVII, se da un avance relevante dentro de la innovación de la balanza con la llegada de la primera bascula automática. Una balanza de cuadrante graduada, la cual, cualquiera que fuese el grado de inclinación, no afectaba a la precisión de las indicaciones obtenidas, cuya invención se le atribuye a Leonardo Da Vinci (Fig. 6).

Paralelamente, surgen las cajas de pesaje, un tipo de balanza de brazo empleada para la pesa de monedas de oro y plata en circulación, compuesta por dos cajas de madera de 15 centímetros de largo y pesos ajustados a la masa legal¹⁵ de las monedas a pesar.

Sobre 1669 se da origen a la balanza de Roberval, llamada bajo la localidad



Figura 6. Ejemplar de balanza basado en la invención de Leonardo Da Vinci.

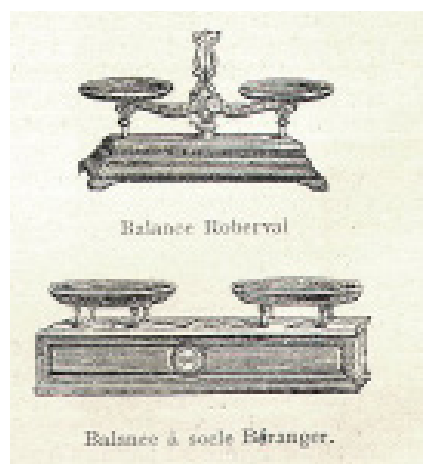


Figura 7. Ejemplares de la balanza de Roberval y Beránger a modo de comparativa entre sus características.

8 Acanomas. (2017). *Balanza: Inventos y Descubrimientos*. Disponible en: <http://www.acanomas.com>.

9 Virgili, G. *Equipos de Laboratorio: La Balanza*.

10 Gonzáles, X. (2010). *Balanza Romana*, p. 2.

11 Acanomas. (2017). *Balanza: Inventos y Descubrimientos*. Disponible en: <http://www.acanomas.com>.

12 Del Rey Pantín, J. (2013). *Los Instrumentos Para Pesar: Un Paseo Por La Historia De Las Básculas*, p.13. Disponible en: UMER. es

13 Acanomas. (2017). *Balanza: Inventos y Descubrimientos*. Disponible en: <http://www.acanomas.com>.

14 Tesut, C. (1992). *Instrumentos De Pesaje Su Historia A Través De Los Siglos*, p. 183.

15 *Ibid.*, p. 185.

francesa de origen de su autor Guilles Personne de Roberval¹⁶ (Fig. 7).

La invención representó un punto de inflexión dentro de la historia de la balanza debido al cambio que realizó Roverbal al colocar los dos platillos por encima del astil, los cuales se encontraban generalmente por debajo del mismo y suspendidos por un sistema de cuerdas o cadenas, evitando así la inclinación de los platillos por acción de los pesos y a causa de la famosa ley de palanca de Arquímedes¹⁷.

Adicionalmente, esta invención parte de un principio físico desarrollado por el propio inventor, denominado Principio del Enigma Estático¹⁸, presentado en una tesis del autor a la Academia de Ciencias de Francia.

Los primeros ejemplares de este tipo de balanza se fabricaron en Inglaterra, y no fueron comercializados hasta el siglo XIX en Francia. Llegando a aumentarse su producción en el año 1850 y convirtiéndose en una invención empleada para distintas profesiones en 1980. El gran uso de este sistema de pesaje se debió a la precisión, óptima estabilidad en el reglaje y gran robustez a prueba de tiempo¹⁹.

En el año 1680 se hace uso de una balanza de resorte para el pesaje de monedas, inventada por un comerciante de apellido Bardonneau, la invención fue presentada a la Real Academia de Ciencias en Francia el 5 de julio de 1765²⁰. A esta se le realizó la adición de una aguja como indicador del peso.

Durante el año 1741²¹ se da lugar a la invención del puente de pesaje, de la mano de John Waytt, carpintero inglés de la localidad de Birmingham, el cual, posteriormente da origen a un segundo puente de pesaje (Fig. 8) de mayor dimensión.

Para el año 1743 surge el Trebuchet de la mano de Antonie Lavoisier, padre de la química moderna. Dicha balanza de precisión²², fue empleada para el pesaje de monedas y cuyo uso se popularizo en laboratorios de la época.

• Edad Contemporánea

Sobre el siglo XIX Joseph Beránger ²³realizó una modificación a la conocida balanza de Roberval, añadiendo dos astiles subsidiarios por sistema interno (Fig. 9), y removió las varillas verticales de manera que las fuerzas laterales y la fricción en los cuchillos se viese reducida.

Con la llegada del pesaje mecánico durante el siglo XX los sistemas de precisión se vieron en aumento de la exactitud del pesaje, aunque los sistemas de las invenciones eran muy similares a las empleadas por Beranger y Roberval. Con estos sistemas se da origen a la báscula, al alternador automático y a la

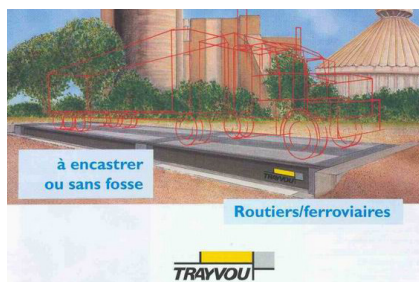


Figura 8. Sistema de pesaje para coche basado en los diseños del puente de pesaje de John Waytt.

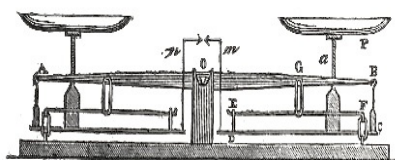


Figura 9. Esquema del sistema empleado en las balanzas de Joseph Beránger.

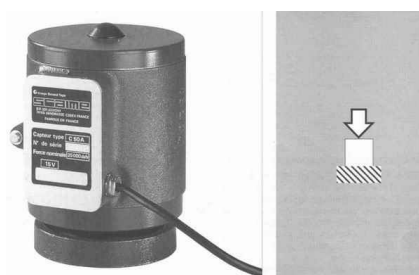


Figura 10. Sensor denominado de compresión el cual capta la corriente microelectrónica para determinar el pesaje posteriormente y enviarlo a la planta que indica la cantidad del mismo.

16 Graham, J. (1981). Scales and Balances, p. 9

17 *Ibid.*, p. 13

18 IES Goya. (2017). *Patrimonio Científico*. Disponible en: <http://patrimoniocientificoesgoya.blogspot.com/2017>.

19 GRAHAM, J.T. (2020). *Scales and Balances.*, p. 17.

20 *Ibid.*, p. 23.

21 Slideshare. (2013). *La Evolución de la Tecnología: La Balanza*. Disponible en: <https://es.slideshare.net/lorely2164/la-evolucion-de-la-tecnologa-28787903>.

22 Colección Charles Tesut. (2003). *La Balanza a Través de los Siglos*. Disponible en: <http://bernard.thinsselin.free.fr/balance.html>.

23 *Ibid.*

escala de conteo.

En la actualidad se emplea el uso de las balanzas electrónicas, cuyo sistema de medición da una precisión casi exacta en la mayoría gracias a las configuraciones electrónicas que estas presentan. Dicha configuración viene dada por medio de una corriente microelectrónica que atraviesa un sensor (Fig. 10), y este detecta la diferencia de la corriente de entrada y la de salida.

Si dicha diferencia es inexistente, el sensor en cuestión emite un señal que se concibe como indicativo del peso. La configuración de la balanza electrónica se realiza por medio de un potenciómetro²⁴, el cual es un dispositivo divisor de tensión o voltaje.

4.4 TIPOLOGÍA

- **Balanza de cruz**

Balanza proveniente de Egipto y Babilonia, siendo la versión prístina de dicho artefacto, estaba compuesta por dos platillos suspendidos por medio de cuerdas durante la antigüedad, o bien con cadenas de cobre o bronce, atadas o unidas a dos brazos dispuestos sobre un eje o astil²⁵. Este tipo de balanza se ve en representaciones del zodiaco por el signo de libra y como referente a la justicia dentro de la mitología griega y romana.

Las versiones datadas sobre el año 1.500 a. C. presentan una aguja sobre el astil que indica la precisión del pesaje. En relación a la medición del pesaje, se colocaba la mercancía en uno de los platos mientras se hacía contrapeso, haciendo uso de pesas que determinaban junto a la aguja la precisión y peso deseados de dicha mercancía.

- **Balanza de vigas**

Datada desde el año VI a. C., compuesta por una viga con dos platillos (Fig. 11) suspendidos por cuerdas y sostenida a dicha estructura. El mecanismo de pesaje era similar al de la balanza de cruz a pesar de la ausencia del astil²⁶.

Se puede encontrar ampliamente a lo largo de la historia por su practicidad, desde la época romana hasta el siglo XVIII, en donde se utilizaba para el cambio de dinero bajo Luis XV, rey de Francia y Navarra durante la época²⁷. Su funcionamiento es similar al empleado con la balanza de cruz.

- **Balanza romana**

A su vez conocida como romana o estatera, fue la invención que precedió a la balanza de cruz. Consistió en una estructura metálica de cobre o bronce con un aro o fiel que servía para el sustento de la pieza durante la pesa de mercancías.



Figura 11. Ejemplar de una balanza de vigas antigua.



Figura 12. Variante de la estatera romana con pesos de distintos tamaños.



Figura 13. Balanza de Roberval datada en el año 1920.

24 *Ibid.*

25 MYM INSTRUMENTOS TÉCNICOS. (2019). *Tipos de Balanzas*. Disponible en: <https://www.myminstrumentostecnicos.com/>.

26 Del Rey Pantín, J. (2013). *Los Instrumentos Para Pesar: Un Paseo Por La Historia De Las Básculas*, p.13. Disponible en: UMER. es

27 Ruiza, M. (2004). *Biografías y Vidas: Luis XV*. Disponible en: https://www.biografias-yvidas.com/biografia/l/luis_xv.htm.

A su vez, esta presentaba un brazo de mayor longitud por el cual se deslizaba un peso fijo (Fig. 12), y simultáneamente sobre el brazo de menor longitud, presentaba un platillo suspendido por cadenas igualmente de cobre o bronce²⁸. A pesar de que existen varias versiones de la misma, el mecanismo siempre es el mismo. Se ve representada como símbolo referente al comercio.



Figura 1. Balanza de resorte tradicional.

- **Balanza de Roverbal**

Denominada de esta forma por el matemático y físico francés Guilles Personne de Roverbal. La creación del artefacto de pesaje nace de la tesis presentada a la Real Academia de Ciencias en Francia, la cual trataba sobre el principio del enigma estático²⁹, en 1699.

Con esta invención (Fig. 13) se elimina la problemática que generaba la inclinación de los platillos por la ley de palanca de Arquímedes³⁰, disponiendo los platillos por encima del brazo, factor que no se había llevado a cabo milenios atrás. El mecanismo de la balanza comprende un astil con tres cuchillos de brazos iguales, los cuales soportan los dos platos.

El movimiento de los platillos va dispuesto por varillas verticales unidas a un contra-astil, oculto en la parte inferior de la balanza. Dentro de su funcionamiento, la fuerza ejercida por los pesos sobre los platos no afecta a los mismos, dado que estos se encuentran soportados por la estructura horizontal de la pieza.

En referencia al pesaje, se comprueba la exactitud del mismo por medio de una aguja unida a la parte central de la viga o brazo que hace de soporte para los platos.

- **Balanza de resorte**

Creada en 1608, presentada el 5 de julio de 1765 a la Real Academia de Ciencias de Francia y usada ampliamente en la actualidad. Es una balanza compuesta por una cámara de placas metálicas de bronce o cobre (Fig. 14) con un resorte en su interior.

Dicha cámara posee medidas de pesaje que son indicadas por medio de la extensión del resorte³¹, a causa del peso ejercido, sobre un gancho al que se cuelga el objeto a pesar.

El peso se indica por medio del indicador unido al resorte y este sobresale por encima de las medidas en la superficie de la cámara metálica. Su uso se empleó en la pesa principalmente de monedas, víveres o mercancías de pesos moderados. También se le conoce como balanza cilíndrica o balanza colgante.

- **Balanza de precisión**



Figura 15. Trebuchet o balanza de precisión.

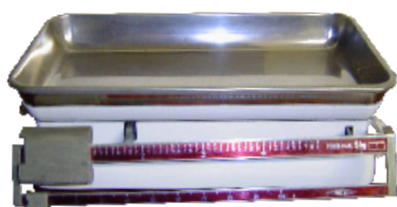


Figura 16. Escala de pesos deslizantes.

28 Slideshare. (2013). *La Evolución de la Tecnología: La Balanza*. Disponible en: <https://es.slideshare.net/lorely2164/la-evolucion-de-la-tecnologa-28787903>.

29 BD. (2015). *Breve Historia de la Báscula*. Disponible en: <https://www.balanzasdigitales.com/blog/9/usos-de-balanzas/11/breve-historia-de-la-bascula/>

30 *Ibid.*

31 TIPOS. CO. (2015). *Tipos de Balanza*. Disponible en: <https://www.tipos.co/tipos-de-balanza/>

También conocido como Trébuchet (Fig. 15), es una balanza de laboratorio fabricada a mediados del siglo XVIII. Se compone por una estructura similar a la de la balanza de cruz en la que los platillos se encuentran soldados a las varillas de metal que los sostiene a los brazos, y a su vez toda la estructura se encuentra sobre una caja de material lígneo principalmente.



Figura 17. Escala de letras para el pesaje de correspondencia.

Fue empleada para el pesaje de monedas, sin embargo, existe una versión del artefacto empleado dentro de laboratorios, para el pesaje de cantidades pequeñas de sustancias.

- **Balanza de pesa deslizante**

Instrumento de tipo mecánico, introducido en el siglo XX³² y procedente de la escala romana, fabricada de chapa de acero lacado y una placa de cromo con medidas y dos pesos deslizantes que marcan el peso del objeto a pesar (Fig. 16).

El funcionamiento se realiza por medio de la colocación del objeto dispuesto a pesarse sobre la bandeja o placa deslizante, una vez colocado, la placa de cromo se eleva o se mantiene en movimiento dependiendo de la posición de la pesa, o en otras versiones, pesas deslizantes.

Si el objeto supera el peso indicado por las pesas, la placa se eleva al máximo, si se mantienen correlativo a las pesas, dicha placa se mantiene suspendida. Se ha empleado ampliamente por la versatilidad que comprende, siendo capaz de pesar cantidades desde gramos a toneladas, dependiendo la versión de la misma.

- **Escala de letras**

Balanza originaria a mediados del siglo XX (Fig. 17), empleada para el pesaje de cartas y artículos postales con el fin de determinar la cantidad exacta de franqueo³³. Entre las variaciones que se pueden encontrar están las escalas mecánicas y bilaterales empleadas hasta la década de 1990, o las escalas electrónicas utilizadas a finales de la misma década, desde sencillas escalas de tipo compactas, hasta básculas de mayores dimensiones.

El mecanismo consiste en el pesaje del artículo postal por medio de una bandeja metálica o plataforma que indica el peso por medio de un indicador de medidas en la parte inferior de la plataforma.

- **Balanza hidrostática**

También conocida como *bilancetta* (Fig. 18), es un tipo de balanza empleada para obtener el pesaje y el empuje ascensional de líquidos sobre fluidos suspendidos dentro de los mismos.

Su invención se data en el año 1585 por Galileo Galilei³⁴, aplicando el principio de Arquímedes para determinar la consistencia de sólidos y líquidos. El mecanismo de esta balanza consiste en una estructura similar a la balanza



Figura 18. Balanza hidrostática del siglo XIX.

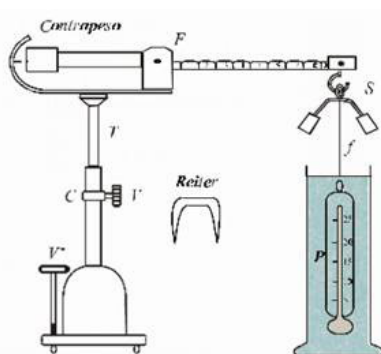


Figura 19. Balanza de Mohr-Westphal

32 MECAFENIX. (2018). *¿Qué Es Una Balanza Y Para Qué Sirve?*. Disponible en: <https://www.ingmecafenix.com/medicion/balanza/>

33 Colección Charles Tesut. (2003). *La Balanza a Través de los Siglos*. Disponible en: <http://bernard.thinsselin.free.fr/balance.html>.

34 (2020). *Balanza Hidrostática*. Disponible en: <https://balanzahidrostatica.info/>

de cruz o balanza de vigas.³⁵

El funcionamiento se lleva a cabo colocando en un extremo de la balanza el peso y en otro el fluido. Se realiza el pesaje y luego se introduce el fluido en agua destilada que impulsa dicho fluido de manera ascendente, calculando la masa del objeto por medio de ecuaciones físicas en conjunto al principio de Arquímedes o impulso hidrostático³⁶.



Figura 20. Balanza granataria con pesos deslizantes.

Existe una variante de esta balanza denominada balanza de Mohr-Westphal (Fig. 19), el mecanismo de la misma consiste en un armazón sobre el que se dispone una varilla de dos brazos.

El equilibrio se obtiene por medio del enfrentamiento de dos agujas, la primera se encuentra fijada al armazón y lo que aporta equilibrio, y la segunda se ubica en el brazo más corto que finaliza en una pesa fija. Sobre el brazo largo se encuentra un hilo delgado, junto con un inmersor de vidrio. Este posee un termómetro que mide la temperatura del líquido a medir. A su vez, el brazo largo tiene marcadas 10 muescas que se enumeran del 1 al 10³⁷.

- **Balanza granataria**

Es un tipo de balanza muy sensible (Fig. 20), empleada para pesar objetos de muy poca densidad o cantidades muy pequeñas.

Su emplea en laboratorios como instrumento de medición auxiliar debido a su precisión inferior a la balanza analítica, la cual, se emplea con mayor regularidad por su multifuncionalidad y precisión. El mecanismo de este artefacto consiste en una plataforma con una viga metálica con pesos deslizantes³⁸ y medidas que controlan el movimiento de la viga en relación al peso ejercido por el objeto a pesar sobre una plataforma metálica.

- **Balanza analítica**

Instrumento utilizado para la medición de las masas de distintos compuestos o sustancias (Fig. 21), fue introducido por Joseph Black en 1750³⁹ como balanza analítica mecánica hasta la actualidad en donde se ha digitalizado su mecanismo y funcionalidad.

El mecanismo está compuesto por una cámara de plástico que sirve de protección ante polvo, suciedad u otro tipo de particulado que pueda afectar al pesaje en un futuro. En el caso de la balanza analítica electrónica, se requiere unos ajustes de calibración específicos para contrarrestar las fuerzas gravitacionales⁴⁰.

Por medio de un electroimán se genera una fuerza que contrarresta el objeto a medir y de esta forma se obtiene el resultado, también conocido como sensor de restauración de fuerza electromagnética.



Figura 21. Balanza analítica portátil.

35 UJAEN. *Modelo de Balanza Hidrostática*. Disponible en: <https://www4.ujaen.es/~jamaroto/F15.HTML>

36 Landivar, R. (2001) *Ejemplo de Principio de Arquímedes*, p. 1-3

37 ORTEGA GIRÓN, M. (1978). *Prácticas de Laboratorio de Física General*.

38 Azucena F. (2014). *Balanza Granataria*. Recuperado de: azucenapopocaflores.blogspot.com

39 ECURED. (2015). *Balanzas Analíticas: Usos, Mantenimiento, Tipos, Sensibilidad*. Disponible en: https://www.ecured.cu/Balanza_analitica.

40 Wilson, CL y Wilson, DW. (1959). *Química Analítica Integral*. p. 107-123.

5. DESCRIPCIÓN DE LA PIEZA

La balanza proviene de la comunidad autónoma de Castilla-La Mancha, específicamente del municipio de Cuenca, fabricada en hierro, almacenada dentro del garaje del hogar del propietario y ha sido un objeto sucedido dentro de la familia del propietario durante 20 años.

Se considera que la pieza es una balanza empleada para la pesa de víveres del hogar y la elaboración de pan, similar a las balanzas creadas bajo el sistema de Roverbal y que eran utilizadas para dicho tipo de actividad.

Entre las características que presenta la balanza, se puede destacar que emplea un sistema desarrollado durante la edad moderna por Guilles Personne de Roverbal sobre el año 1860, siglo XVII. El sistema consiste en la ubicación del astil por debajo de los platillos y otro en el interior de la base, sistema el cual se diferencia a las balanzas de cruz de épocas anteriores donde la posición del astil estaba por encima de los platillos y solo poseía uno.

Este tipo de balanza presenta gran precisión, robustez y durabilidad en relación a los materiales y el mecanismo que la compone. La balanza se afirma haber sido empleada para la pesa de víveres y para actividades de panadería y pastelería dentro de negocios del propietario. En relación a los platillos, esta balanza no posee dos platillos, sino que presenta una plancha metálica en el lado izquierdo y un platillo desmontable en el lado derecho.

Respecto al mecanismo que la misma presenta, la base está fabricada en forma rectangular y trapezoidal, donde los extremos son circulares y cónicos, a través ellos se encuentra una abertura circular por donde sobresale un soporte cilíndrico en cada lado y encima de ellos reposan dos plataformas metálicas de pesaje.

Los soportes de las plataformas se interconectan por medio de un brazo principal ubicado en el interior de la base (Fig. 22) y que este, en el medio de la base, está en contacto con dos placas en suspensión, que a su vez, conectan a la aguja indicadora de la precisión del pesaje ubicada en el centro de los brazos.

Sobre estos soportes cilíndricos reposa el peso de una plancha del lado izquierdo y el de un platillo del lado derecho por medio de un sistema de placas en cruz (Fig. 23) soldado a las dos piezas por debajo de su superficie.

El sistema de cruz soldado por debajo del platillo se encuentra curvado en los extremos para sujetar y ajustarse a la forma del platillo, a su vez, posee una placa circular solada entre el sistema de cruz ubicado por encima del mismo.

Los brazos que movilizan los platillos, junto al movimiento causado por el brazo inferior dentro de la base, son una sola pieza que posee una abertura central, por medio de esta abertura pasa un tubo, conectando la pieza de los brazos (Fig. 24) con el resto de la base y con las dos placas en suspensión ubicadas en el centro de la parte interna de la base.

En cuanto a la capacidad de pesaje de la balanza, la misma es de un máximo de 20 kilogramos, identificándose por la inscripción yacente en la parte superior de la base de la misma.



Figura 22. Detalle del brazo principal ubicado en el interior de la base.



Figura 23. Sistema de sujeción en forma de placas de cruz.



Figura 24. Capacidad máxima de pesaje.

5.1 DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA



Figura 25. Vista frontal cara A.

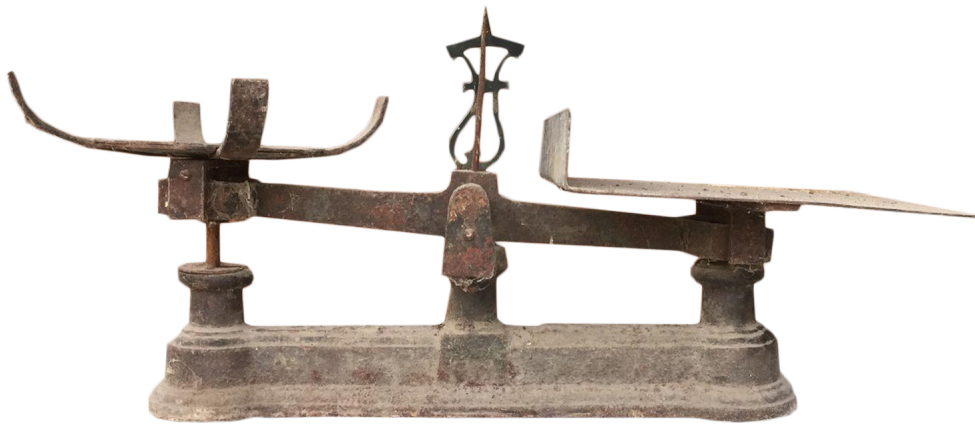


Figura 26. Vista frontal cara B.



Figura 27. Vista de planta.



Figura 28. Vista de perfil A.



Figura 29. Vista de perfil B.

5.2 FICHA TÉCNICA

Procedencia de la pieza	
Objeto	Balanza de tipo Roverbal del siglo XVII
Procedencia	Donación particular
Localización	Cuenca/ Se encontraba almacenada dentro del garaje de la casa propietario
Cronología	Siglo XVII-XX

Características de la obra	
Tipología	Balanza de Roverbal
Dimensiones	50 cm de largo/ 30 cm de alto/ 12 cm de grosor de la base/ 19 cm de altura de la plataforma izquierda o platillo y 16 cm de altura de la plataforma derecha o plancha metálica
Peso	50 Kilogramos
Tipo de material	Hierro
Técnica	Fundición y Forja
Color	Marrón oscuro, verde claro, gris, blanco y negro
Decoración	No presenta

5.3 PARTES DE LA OBRA

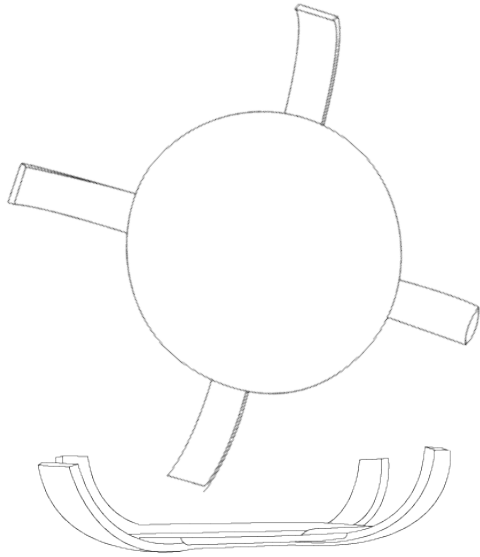


Figura 30. Plataforma metálica en forma de platillo.

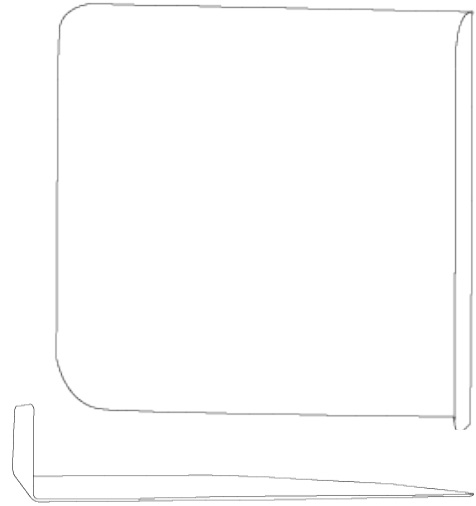


Figura 31. Plataforma metálica en forma de plancha.



Figura 32. Brazos unidos a las plataformas por tornillos.

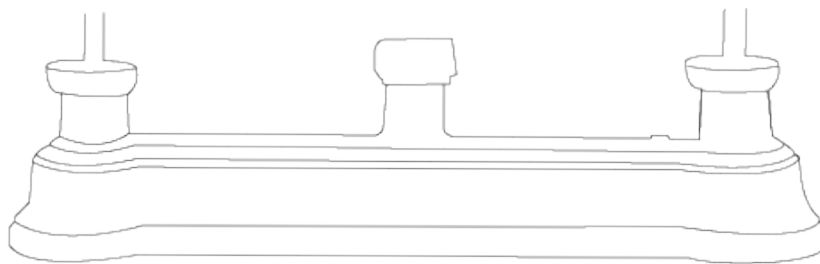


Figura 33. Base de Balanza



Figura 34. Aguja e indicador de precisión.

5.4 CROQUIS DE MEDIDAS

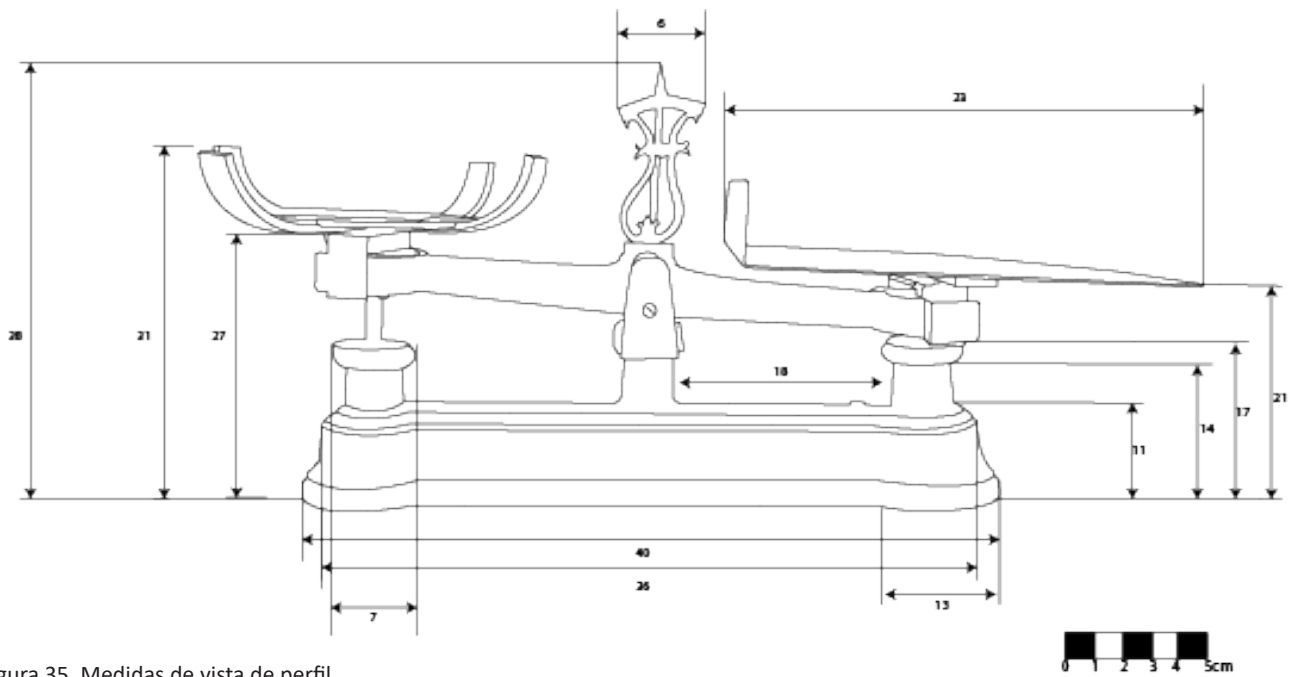


Figura 35. Medidas de vista de perfil.

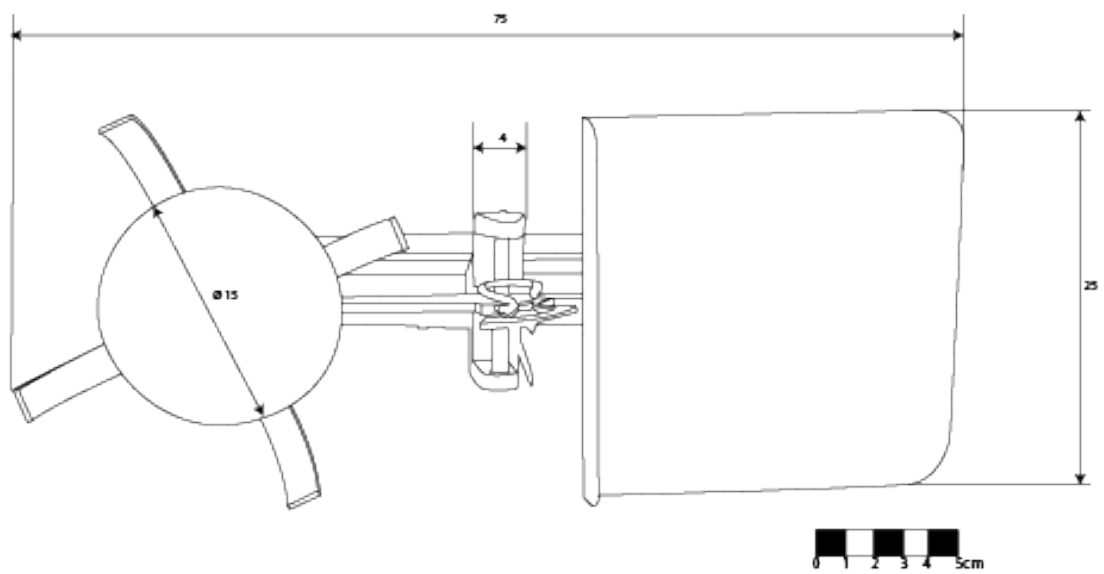


Figura 36. Medidas de vista de planta.

6. EL HIERRO

6.1 ORIGEN



Figura 37. Fragmento de hierro.

La palabra hierro (Fig. 37) proviene del latín, *ferrum*, cuya definición significa metal. Es uno de los cuatro elementos más abundantes en el planeta tierra, sin embargo, debido a que no suele encontrarse en estado puro sino en conjunto con otros minerales o elementos químicos, debe pasar por procesos de fundición y forja para obtener el mismo de manera individual.

Los primeros hallazgos del hierro se datan en el año 5000 a.C. en Egipto, por medio del análisis de cuentas fabricadas con dicho metal durante el periodo predinástico egipcio y procedentes de yacimientos de Gerzah⁴¹.

Dentro de la civilización egipcia en la antigüedad, el hierro era conocido como *Bia en pet*⁴² o “Hierro del cielo” (Fig. 38) por la creencia de su origen de tipo meteórico. Este factor sigue siendo atribuido como una posibilidad debido a la diferencia de composición de este tipo de hierro en contraposición a la del hierro convencional o de tipo telúrico.



Figura 38. Uso ceremonial de hierro meteórico en el Antiguo Egipto.

Así como los egipcios, los sirios y hebreos adaptaron términos y atribuciones similares a las designadas al metal. Posteriormente, dicho elemento fue utilizado por civilizaciones provenientes del antiguo Oriente Próximo⁴³, en la India por parte de los Vedas⁴⁴ posteriores al II milenio a.C, y finalmente en el continente europeo durante la Edad Oscura Griega⁴⁵ entre los años 1200-1100 a.C.

6.2 PROPIEDADES

El hierro es un elemento químico que se ubica en el grupo 8, periodo 4 de la tabla periódica y tiene el número 26 como peso atómico⁴⁶. Entre las propiedades físicas, presenta gran ductilidad, conductividad y es maleable, pudiéndose transformar en láminas o alambre de diámetro muy fino.

Existen otros elementos que en conjunción con el hierro dan lugar a nuevos minerales como lo son la pirita⁴⁷, compuesta en su mayoría por azufre con hierro, y la cromita⁴⁸, proveniente del cromo y hierro. En la naturaleza, el hierro es encontrado en forma de menas⁴⁹ (Fig. 39), siendo este un conjunto de minerales que por medio de procesos de minería se puede extraer el metal de su composición en cantidades óptimas para su aprovechamiento.



Figura 39. Mena de hematita, fuente mineral para la obtención de hierro.

41 Llul, J. (2013). *Los Antiguos Egipcios y los Sideritos*. Disponible en: <http://www.conec.es/mundo/los-antiguos-egipcios-y-los-sideritos/>.

42 *Ibid.*

43 Collins, J. (2008) *The European Iron Age*, p. 16.

44 Conjunto de textos sagrados provenientes del vedismo, religión del periodo védico previo al hinduismo.

45 De la Vega, M.J. *Historia de la Grecia Antigua*, p. 73. Periodo de la historia griega comprendido entre el año 1200 a 1100 a. C.

46 Lenntech. (2016). *Hierro: Elemento Químico*. Disponible en: <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/fe.htm#ixzz1zXDpBY00>.

47 ECURED. (2005). *El Hierro*. Disponible en: <http://ecured.cu>.

48 Gunnard, N. Capítulo 63. *Metales Propiedades Químicas y Toxicidad*, p. 15.

49 *Ibid.* p. 23

A su vez, dichas menas son extraídas de yacimientos existentes a lo largo del planeta. Las menas donde se encuentra la mayor cantidad de hierro son las de hematita, siderita⁵⁰ y magnetita.

Dentro de las propiedades químicas, el hierro presenta lo que se conoce como corrosión (Fig. 40), siendo esto la tendencia del material metálico a buscar su forma de mayor estabilidad y dando como resultado el óxido en conjunción con el oxígeno.



Figura 40. Corrosión generalizada sobre uno de los brazos de la balanza.

Como resultado de este tipo de reacciones químicas se obtienen los óxidos de hierro, los cuales presentan numerosas aplicaciones dentro de la sociedad, estos se clasifican en dos grupos conocidos como ferrosos y férricos, entre los productos de corrosión del hierro se encuentran la hematita, limonita, goethita, y magnetita.

La hematita⁵¹, cuyo color es rojizo, es el óxido que constituye la mena más importante de hierro, también conocida como “piedra de sangre”. Entre la tipología de este producto de corrosión, se encuentra la hematita especular o especularita, de coloración gris metálico, con aspecto de pequeños espejos y proveniente de la alteración obtenida de la pirita y la magnetita, y la hematita terrosa, con presencia de otros compuestos como zinc o carbonato de zinc en forma de cristales transparentes⁵².



Figura 41. Fragmento de limonita.

La limonita (Fig. 41) se caracteriza por provenir de la pirita y siderita, constituyendo lo que viene a ser un hidróxido de hierro⁵³, presenta una coloración pardo-amarillenta con aspecto terroso y constituye una mena importante del hierro por la gran cantidad que puede contener del metal en estado puro. La formación de la limonita se origina por la descomposición de varios minerales del hierro, como es el caso de la pirita y mascarita, mineral último proveniente de los sulfuros⁵⁴.

La goethita está constituida en su mayoría por hierro en estado puro y manganeso, presenta una apariencia pardo rojiza botroidal⁵⁵ (Fig. 42), pardo amarillenta ocre, opaca y pseudotraslúcida⁵⁶. Es uno de los minerales del hierro más comunes y se forma a partir de la precipitación de otros minerales del hierro. Se encuentran sobre suelos de regiones cálidas y con alto contenido de hierro como lo son las lateritas⁵⁷ o capas lateríticas⁵⁸. Le fue dado el nombre de Goethita en honor al geólogo, científico, novelista y poeta John Wolfgang von Goethe en 1806 por Johann Georg Lenz.



Figura 42. Goethita botroidal o de aspecto globular.

La magnetita, también llamada ferroferrita o morpholita, es uno de los minerales del hierro constituido por óxido ferroso-diférrico⁵⁹, de color negro o grisáceo metálico, de transparencia opaca, que se forma en cristales

50 Torres, M. (1999). Obtención del Mineral de Hierro. Disponible en: <https://www.edu.xunta.gal/>

51 MINDAT. (2005). *Hematite*. Disponible en: <http://mindat.org>.

52 Mineral Data, P. (2005). *Hematite*. Disponible en: <http://www.handbookofmineralogy.org/pdfs/Hematite.pdf>.

53 MINDAT. (2005). *Limonite*. Disponible en: <http://mindat.org>.

54 *Ibid.*

55 Friedman, H. (1997). *Glosary of Terms: Brotyoidal*. Disponible en: https://www.minerals.net/mineral_glossary/botryoidal.aspx.

56 Pseudotraslúcido o semitraslúcido, dicese de un cuerpo que permite el paso de la luz de manera irregular.

57 An Introduction to Laterite. Disponible: <http://laterile.de>.

58 *Ibid.*

59 MINDAT. (2013). *Magnetite*. Disponible en: <http://mindat.org>.

octaédricos o dodecaédricos⁶⁰ en casos menos frecuentes. Se destaca por ser otra mena importante del hierro y por su gran magnetismo (Fig. 43). Puede ser diluida en ácido clorhídrico concentrado.

6.3 APLICACIONES

A medida que la Edad del Bronce entraba en desvanecimiento, el uso del hierro se iba acrecentando con mayor rapidez en la sociedad, surgiendo la Edad del Hierro, periodo cuyos centros de difusión fueron los territorios de Anatolia, Siria y Chipre. En zonas asirias⁶¹ se pueden encontrar restos de fragmentos de hierro junto con herramientas, así como en Nimrud, antigua capital de Asiria.

En la antigüedad el hierro comprendía un valor sidéreo⁶² y ceremonial, empleado para la fabricación de joyería llevada por las castas más altas dentro de las jerarquías sociales de la época. La transformación del metal se daba por el martilleo del mismo, encontrándose artefactos como puñales de los siglos XV-XI a. C., anillos del año 1000 a. C. y una hoja de hierro en el año 1100 a. C.

Con el avance del tiempo, la utilización del hierro se fragmenta en 3 vertientes a nivel histórico, dentro de los cuales se abarcan las principales finalidades para las que el hierro era trabajado.

En primer lugar, se encuentra la época laboral utilitaria, extendida desde antes del siglo IV a.C. hasta el XIV d. C., en donde el uso del hierro era mayoritariamente para la fabricación de herramientas.

Adicionalmente, este periodo comprende la protohistoria⁶³ del uso del hierro (Fig. 44), en donde se aplicó su uso como materia prima para la obtención de artefactos como espadas de tipo celta, provenientes de Hallsatt en el siglo VI a. C. También se pueden encontrar dagas, cuchillos, jabalinas, flechas, lanzas, hoces y frenos de caballo hacia mediados del siglo V a. C con la época visigoda⁶⁴.

Simultáneamente, la transformación del hierro es adaptada a un aspecto más estético y decorativo, dentro del cual se encuentran la fabricación de rejas⁶⁵ y verjas para capillas románicas del siglo XIII, herrajes de puertas, candeleros y braseros a finales de dicho siglo. Posteriormente la influencia mudéjar resultó en la fabricación de bisagras, llaves con detalles característicos de media luna, herrajes (Fig. 45) o grapones y clavos de cabezas semiesféricas con decoraciones geométricas o lineales.

Con la llegada del periodo gótico, el uso del hierro en el ámbito decorativo se fortalece y es por ello que se emplean para la producción de objetos como los que se encuentran durante el periodo románico, sin embargo, surgen otros objetos como los aldabones o picaportes en las portadas (Fig. 46) de las iglesias



Figura 43. Prueba de magnetismo con clip de aluminio sobre un fragmento de magnetita.

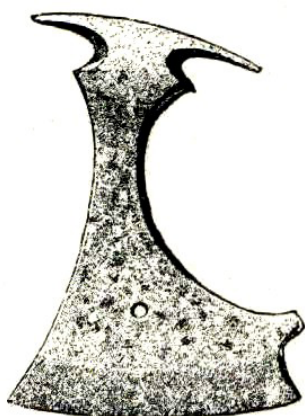


Figura 44. Hacha sueca de hierro, encontrada en Gotland, Alemania.

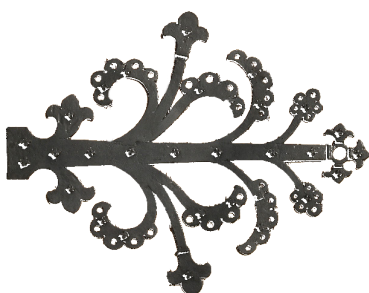


Figura 45. Herraje de hierro.

60 *Ibid.*

61 Asiria es una zona proveniente de Asia Menor, una región antigua del sudoeste de Asia.

62 Llul, J. (2013). *Los Antiguos Egipcios y los Sideritos*. Disponible en: <http://www.conec.es/mundo/los-antiguos-egipcios-y-los-sideritos/>.

63 Naval y Ayerbe, F. (1922). *Elementos de Arqueología y Bellas Artes*, p. 25

64 *Ibid.*

65 GEA. (2000). *Rejería*. Disponible en: https://ecured.ecu/Artesan%C3%ADa_del_hierro.

y edificaciones, así como candelabros, atriles y arañas o coronas de luz.

Hacia el siglo XV y el XVI, se propaga el estilo plateresco y con ello, el uso del hierro a nivel decorativo adopta las influencias de este estilo dentro de la fabricación de objetos de la época.

Los artefactos provenientes de este periodo no varían en relación con periodos anteriores más allá de las adaptaciones superficiales del estilo dentro de cada periodo, sin embargo, surgen versiones de tenebrarios⁶⁶ fabricados en hierro.



Figura 46. Verja de el Palacio Puzzi, s. XVI.



Figura 47. Sulfato de ferroso en forma de fertilizante para plantas.

6.4 COMPUESTOS Y USOS

- **Sulfato ferroso (II) (FeSO_4):** es conocido como vitriolo verde, carrasposa verde o melanterita, se presenta en forma de cristales de tonalidad verdosa.

Tiene numerosas aplicaciones (Fig. 47), dentro de la nutrición se emplea en la fabricación de medicación y tónicos para tratar la anemia ferropénica o anemia por deficiencia de hierro, también es empleado como mordiente para la tintura de tejido de lana, como colorante para diversos materiales como hormigón, madera, y para la reducción de colores como el índigo por medio de baños de inmersión en este compuesto.

- **Óxido de hierro (II) (FeO):** compuesto de color negro que se encuentra en la wustita⁶⁷ en forma de mineral, también conocido como oxido ferroso.

Es inestable termodinámicamente por debajo de 575 °C. Se emplea como pigmento, en tintura para tatuajes y en la cosmética para la fabricación de productos.

- **Óxido de hierro (III) (Fe_2O_3):** se encuentra en forma de polvo amorfo⁶⁸, también conocido como oxido férrico y hematita en estado mineral, se obtiene por medio de sales férricas en conjunción con álcalis o por la oxidación de la pirita.

Se emplea como pigmento y es conocido como rojo veneciano (Fig. 48) o rojo de hierro. En informática se aplica como soporte magnético para audio, discos y cintas magnéticas, otras aplicaciones que tiene pueden ser, como abrasivo de joyería, para la obtención de hierro colado⁶⁹, dulce y acero, y para el suavizado del filo de las navajas de afeitar.



Figura 48. Pigmento rojo veneciano fabricado con oxido férrico.

- **Óxido de hierro (II, III) (Fe_3O_4):** constituye a la magnetita (Fig. 49) como componente principal de este mineral, también conocido como oxido ferroso férrico y se forma a partir del óxido ferroso diférrico ($\text{FeO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$), su aspecto es de granos sueltos o arenas de color pardo oscuro.

Se emplea como protector radiológico, mezclándose con el hormigón dentro de la construcción, es altamente magnético, se emplea por algunos

66 Candelabro triangular con 15 velas que se encienden en los oficios de maitines y laudes de los tres últimos días de la Semana Santa católica.

67 Wustite. Disponible en: <https://Mindat.org>.

68 Bases Teóricas: Materiales Amorfos. Disponible en: <http://Bibing.us.es>.

69 Levy Pérez, D. (2010). El Hierro y sus Aleaciones. Disponible en: <https://es.slideshare.net/scourge/el-hierro-y-sus-aleaciones>.

animales como forma de orientación sobre el campo magnético terrestre.

- **Cloruro de hierro (III) (FeCl_3):** presenta un aspecto de color amarillento, verde oscuro o rojo púrpuro en forma de polvo amorfo, su obtención proviene de calentar hierro en cloro.

Se conoce en la medicina como una solución alcohólica denominada tintura de hierro, a nivel industrial se emplea para la trata de aguas residuales y para la potabilización del agua en tratamientos de aguas de río, es un alto corrosivo para metales férreos, y se emplea como reactivo deshidratante para reacciones químicas dentro de laboratorios.

- **Ferrocianuro de hierro (III) ($\text{Fe}_4 [\text{Fe} (\text{CN})_6]_3$):** es un sólido amorfo de color azul negruzco, formado a partir de la reacción entre ferrocianuro de potasio $\text{C}_6\text{FeK}_4\text{N}_6$ y una sal férrica, también conocido como ferrocianuro férrico.

Tiene aplicaciones como pigmento denominado Azul de Prusia (Fig. 50) y en lavandería para la corrección de irregularidades tonales sobre tejidos por acción de sales ferrosas presentes en el agua.



Figura 49. Fragmento de magnetita.



Figura 50. Pigmento azul de Prusia.

6.5 ALEACIONES DEL HIERRO

Las aleaciones confieren productos que superan las cualidades prístinas de un metal en términos de la dureza, resistencia mecánica o corrosión. Dentro de las aleaciones del hierro se encuentra el acero, un producto resultante entre el hierro con una cantidad menor al 2.1% de carbono⁷⁰. Esta aleación es un material dúctil, tenaz y maleable, con temperatura de fusión a los 1.375 °C, de gran dureza, conductividad aunque es bastante sensible a la corrosión.

Entre la tipología del acero existe unas clasificaciones denominadas aceros al carbono, se clasifican en hipoeutectoides, eutectoides e hipereutectoides⁷¹, y se diferencian en relación a la concentración de carbono que varía desde 0.02%-0.8% para los aceros hipoeutectoides, 0.8% para los eutectoides y 0.8%-2% en los hipereutectoides.

Entre otras clasificaciones se encuentran los aceros inoxidables, compuestos por otros elementos como el wolframio y el cromo que protegen al metal a través de una capa que reacciona con el oxígeno.

⁷⁰ *Ibíd.*

⁷¹ Curso de Fundamentos de Ciencias de Materiales: Transformaciones Eutectoides, Aleaciones Hipoeutectoides y Hipereutectoides. Disponible en: https://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm06/fcm6_3.html.

7. ESTADO DE CONSERVACIÓN

La obra analizada como caso de estudio no posee intervenciones anteriores, se trata de una balanza concebida como un objeto que ha ido pasando de generación en generación dentro de la familia del propietario, manteniéndose almacenada durante gran parte de su existencia dentro del círculo familiar.

Debido a esta situación y a condiciones generales dentro del análisis de la obra, es necesario realizar un estudio del estado de conservación de la misma. Dicho estudio permite definir cuáles y cómo son las alteraciones que se han formado sobre la obra, los daños mecánicos y físico-químicos que ha podido sufrir, así como los posibles causantes ambientales, antrópicos y biológicos (Fig. 51).

Posterior al estudio y análisis del estado de conservación de la balanza, la información se ha definido en dos apartados que recopilan toda la información de manera más clara y concisa, estos han sido definidos como daños mecánicos y físico-químicos, tal y como se expresa anteriormente.



Figura 51. Detalle de concreción terrosa sobre la plancha metálica.

7.1. DAÑOS MECÁNICOS

Grandes cantidades de acumulación terrosa han sido observadas sobre toda la superficie metálica de la obra, generada dentro del lugar donde se encontraba la pieza. Dicho lugar ha sido el garaje del propietario de la obra, dentro del cual la pieza se ha mantenido totalmente descubierta y expuesta ante el resto de particulado o polvo existente dentro de la propiedad durante 20 años.

El área donde estas concreciones se encuentran es sobre las superficies de pesaje, tanto de la plancha metálica (Fig. 52), como del platillo donde se colocaban los pesos, donde el tipo de concreción presente es una adherencia maciza de tierra, de forma circular.

El resto de la superficie de la obra comprende suciedad pulverulenta, formando una capa sobre todo el metal que impide la correcta, aunque posible, legibilidad del resto de estratos que presenta la balanza. Consecuentemente, la pieza presenta restos orgánicos de telarañas (Fig. 53) en la parte inferior de una de las plataformas de pesaje, el platillo respectivamente, en el área donde se une la estructura de sujeción y soporte para la plataforma con el brazo.

Sobre la zona del astil se ha observado una deformación sobre la parte superior de la pieza que marca la precisión del pesaje, hacia el lado izquierdo, justo en frente de la aguja de precisión. A su vez, la aguja de precisión también presenta una deformación encima de la punta de la misma, hacia el mismo lado que la otra pieza. La causa de esta alteración no ha podido ser identificada más que por la suposición de una posible caída que sufrió la obra.

7.2. DAÑOS FÍSICO-QUÍMICOS

Por medio de un análisis organoléptico se pudo observar gran presencia de productos de reacciones químicas por acción de las condiciones ambientales a las que la balanza se encontraba expuesta dentro del garaje.



Figura 52. Suciedad y depósitos biológicos sobre uno de los brazos de la obra.



Figura 53. Detalle de un depósito biológico de telarañas por debajo de una de las plataformas metálicas.

Como primer factor de corrosión, se observaron grandes formaciones de concreciones, manchas y puntos blanquecinos de manera generalizada en la parte inferior de la pieza, las cuales estaban ubicadas en la parte interna de la base (Fig. 54) y el engranaje interno dentro de la base de la misma, el cual moviliza las plataformas.



Figura 54. Detalle del mecanismo interno de la base y manchas blanquecinas.

A su vez, estas manchas se extienden por la parte inferior de las plataformas de pesaje de manera localizada, las varillas que soportan el peso de las mismas, el área del astil central, en forma de puntos sobre los brazos, y sobre la superficie externa de la base.

Cabe destacar que el hogar del propietario se encuentra en una zona montañosa con niveles de humedad elevados, próxima a un río y donde la superficie más próxima a la obra ha sido una pared de piedra caliza (Fig. 55) con presencia de nódulos de carbonato cálcico⁷², es por ello que se estima que la causa de alteración proviene de la acción del medio ambiente junto a el elemento mineral, como lo es la roca sedimentaria⁷³ próxima a la pieza, y el material metálico de la misma.



Figura 55. Pared de piedra caliza próxima a la obra.

La aparición de estas manchas se estima como una reacción proveniente de la disolución del ácido carbónico (H_2CO_3) por acción del dióxido de carbono (CO_2)⁷⁴ presente en el ambiente y que se supeditan a las condiciones ambientales de humedad y temperatura. A su vez, el ácido carbónico o anhídrido carbónico ha podido reaccionar con el hierro formando dichas manchas que podrían ser carbonatos de hierro⁷⁵.

- **Prueba de carbonatos**

Aunque se cree que la pieza posea carbonatos sobre su superficie debido a zonas blanquecinas presentes en picadura, se determinará la presencia de estos por medio de la extracción de una muestra de las mismas por bisturí, para ser colocada sobre un portaobjetos y será diluido en una gota de ácido clorhídrico aplicada a la muestra extraída para analizarla. Este proceso será llevado a cabo sobre la cara interna de la base para evitar afectar la superficie externa de la obra.

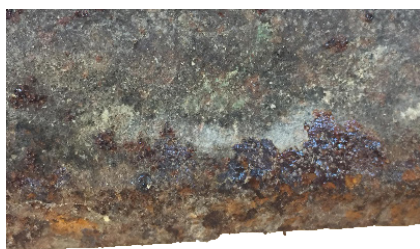


Figura 56. Presencia de óxidos e hidróxidos sobre la pieza.

Si la misma, al reaccionar con el ácido clorhídrico produce efervescencia, determinaría, en efecto, que la pieza presenta carbonatos.

Por otro lado, la obra presenta una capa de herrumbre⁷⁶ sobre su superficie. Generalmente dicha capa posee productos de corrosión como óxidos e hidróxidos (Fig. 56) de hierro en distintas proporciones, dada las condiciones y ubicación del lugar. Donde se encontraba la pieza, se estima que la composición de esta capa con tonalidades pardo-rojizas, amarillas, negras y verdes pueda tratarse de productos de corrosión similares a los que se encuentran en una capa de herrumbre en líneas generales.

Adicionalmente, se estima que esta capa presenta en su mayoría elevadas

72 UNEX. (2005) Morfología del suelo: Nódulos. Disponible en: <https://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/ECAP/ECAL3RasNod.htm..>

73 Skoog, D. (2002) Introducción a la Química Analítica, p. 427.

74 Klein, C. (1998) Manual De Mineralogía, Cuarta Edición, p. 448.

75 *Ibid.*

76 Salazar, J. (2015) Introducción al fenómeno de corrosión: tipos, factores que influyen y control para la protección de materiales, p. 4.

proporciones de óxido férrico (Fe_2O_3) o hematita (Fig. 57), producto el cual se extiende por toda la superficie de las plataformas de pesaje, el cuerpo, el mecanismo del astil, el brazo y finalmente la base de la pieza.

La hematita dentro de sus características, posee un color pardo-rojizo y es uno de los óxidos más perceptibles a nivel superficial de la pieza, sin embargo, la profundidad del mismo puede verse aumentada por la incidencia de agentes de corrosión como la humedad y la temperatura. Sobre la obra, la capa generalizada presenta la misma tonalidad que este producto de corrosión tan común, sin embargo no se ha constatado el nivel de profundidad de la misma.

Sobre la superficie inferior de la plancha metálica, la cual posee los soportes de cruces, se observaron manchas negruzcas y brillantes, bajo estas características, se concluyó que dichas manchas representan las particularidades de posibles cloruros de hierro por la apariencia brillante y el relieve que presentan las manchas en forma de burbujas.

Dado que toda la balanza se encuentra cubierta de tierra, polvo y otros restos orgánicos, dicha capa no permite la observación clara de si presentaba o no lo que parece ser una capa de esmaltado de color negro (Fig. 58), el mismo puede observarse sobre la unión central de los brazos con el astil que posee la aguja de precisión, este a su vez, presenta una coloración verdosa en zonas inferiores a la superficie de la plataforma, donde se encuentran unidos los sistemas de cruces de las plataformas a los brazos por placas metálicas.

La coloración de esta índole ha sido tomada como que puede deberse a la presencia de cobre en el esmalte y que en reacción con la humedad ha ocasionado la presencia de productos de corrosión, los cuales podrían identificarse como cloruros de cobre debido al color verde claro y pálido que presenta.

Adicionalmente, frente a la aguja se encuentra una pieza que sirve, en simultáneo con la aguja, como medidor de precisión. Dicha estructura presenta un color verdoso, producto de la corrosión, similar al presente sobre el posible esmalte y se observa que dicha coloración se encuentra no solo en los restos del esmaltado, por lo que dicha pieza podría haber sido fabricada en cobre o bronce.

Debido a que no se posee documentación que identifique la fabricación de la pieza con exactitud y los materiales empleados, bajo análisis organoléptico y contraste informativo con material sobre productos de corrosión del bronce y cobre, se cree que igualmente sea una formación de cloruros de cobre.



Figura 57. Producto de corrosión contemplado como hematita.

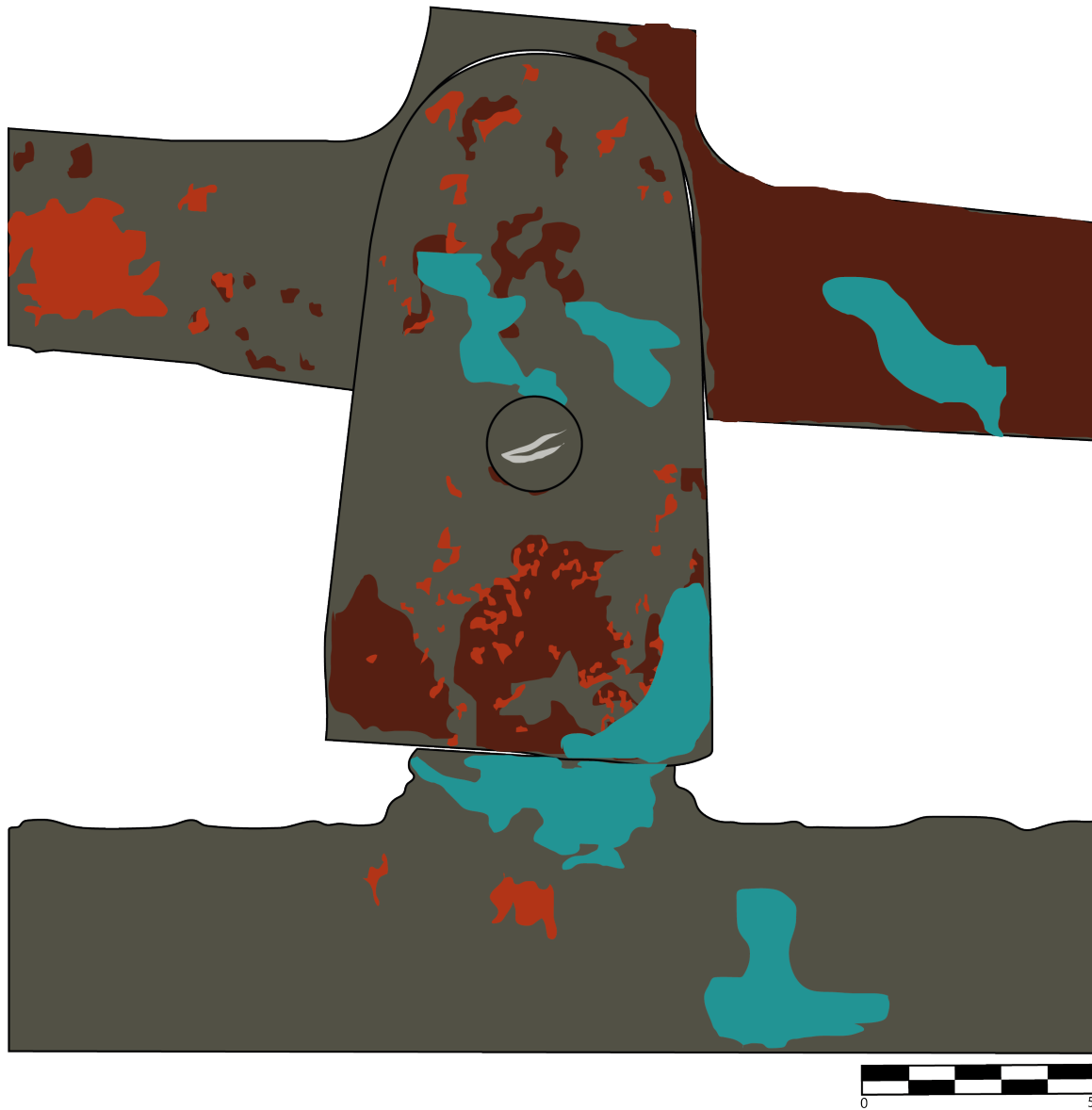


Figura 58. Posible capa de esmaltado negro.

7.3. MAPAS DE DAÑOS



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



- LEYENDA**
- Superficie original
 - Depositos biológicos
 - Hematita
 - Goetita
 - Carbonatos de hierro
 - Cloruros de cobre

Figura 59. Croquis de daños de la zona central del astil.

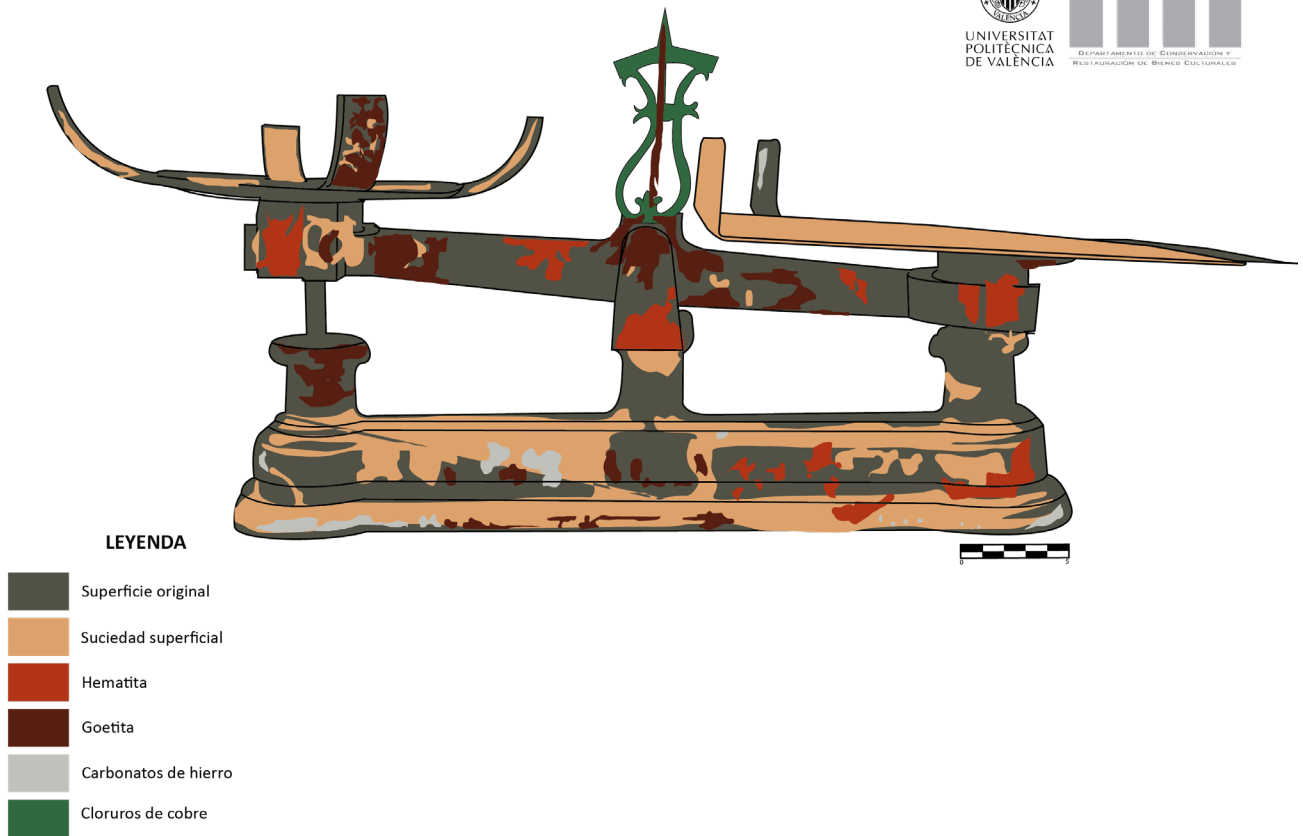


Figura 60. Mapa de daños cara A

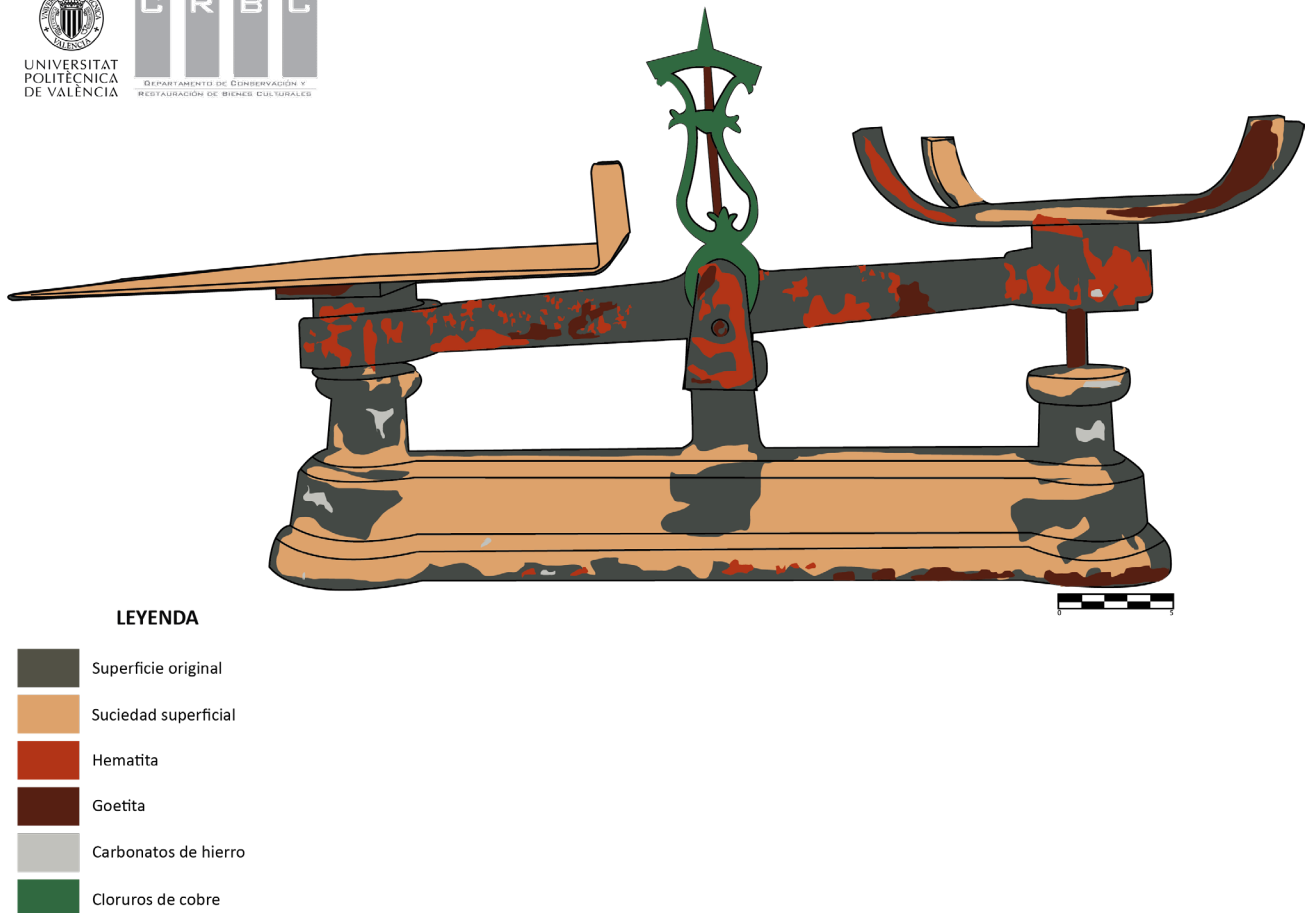


Figura 61. Mapa de daños cara B

8. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

Para realizar la intervención de la obra, se dispondrá una cama sobre la superficie del área dónde se trabajará para posicionar la pieza encima de esta.

La cama estará compuesta por un fondo de poliéster en forma de malla acolchada que evitará daños por parte de la presión mecánica que pueda ejercerse durante los procedimientos a aplicar, haciendo uso de las EPI⁷⁷ adecuadas para cada metodología o instrumental empleado.

8.1. PRUEBAS PREVIAS

El uso de un disolvente debilita la adhesión de las partículas del material a eliminar, facilitando su remoción mecánica⁷⁸

Se iniciará el procedimiento por pruebas previas de solubilidad a través del test de Wolbers⁷⁹ (Fig. 62). De esta manera se podrá determinar cuál de ellos es el más adecuado a incluir en el proceso de limpieza.

Es importante recalcar la necesidad de realizar catas de limpieza de los materiales que se van a emplear o se plantean utilizar para la intervención a fin de no afectar legibilidad o integridad física de la pieza, así como con su naturaleza.

- **Catas por test de Wolbers**

Las catas de limpieza por medio de disoluciones del test de Wolbers empleadas sobre el área de la pieza con hisopos y dejándose actuar en intervalos de 1 minuto (Fig. 63). Se irá incrementando el tiempo de contacto entre el disolvente y la superficie metálica a medida que se avance con las proporciones (Fig. 64) tanto de Mineral Spirit con isopropanol y mineral spirit con acetona por un máximo de 11 minutos.

Cabe destacar que de todos los test de solubilidad existentes se ha decidido emplear el test de Wolbers puesto que, en intervenciones anteriores sobre obras de naturaleza similar, este test ha sido el que mejores resultados ha dado bajo los intervalos de tiempo mencionados y ha sido un proceso no invasivo para la obra.

A su vez, la toxicidad de los disolventes empleados dentro del test de Wolbers es baja en comparación al uso de otros disolventes empleados en otros tests, como es el caso del tolueno, disolvente con altos niveles de toxicidad y el cual es empleado dentro del test de Feller.

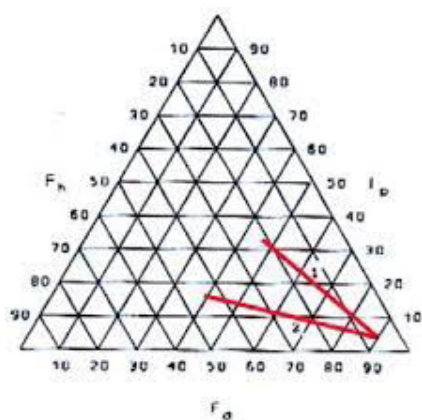


Figura 62. Diagrama de solubilidad según el test de Wolbers con base en proporciones de Mineral Spirit, isopropanol y acetona.



Figura 63. Disoluciones del test de Wolbers separadas según las proporciones y relaciones indicadas en la figura anterior.

Serie 1	Serie 2	Serie 3
Mineral Spirit (MS)	MS	acetona
MS : isopropanol (3 : 1)	MS : acetona (3 : 1)	acetona : isopropanol (3 : 1)
MS : isopropanol (1 : 1)	MS : acetona (1 : 1)	acetona : isopropanol (1 : 1)
MS : isopropanol (1 : 3)	MS : acetona (1 : 3)	acetona : isopropanol (1 : 3)
isopropanol	acetona	isopropanol

Figura 64. Proporciones y relación en las que se emplea el Mineral Spirit, la acetona y el isopropanol dentro del test de Wolbers.

77 EPI o Equipos de Protección Individual.

78 Lastras, M. (2019). Apuntes De Conservación Y Restauración De Metales. Taller II Conservación Y Restauración En Escultura Y Arqueología, p. 73.

79 El test de solubilidad de Wolbers combina mezclas binarias de mineral spirit con n-propanol, y mineral spirit con acetona, en proporciones secuenciales de 100:0, 80:20, 60:40, 50:50, 40:60, 20:80 y 0:100 (Phenix & Wolbers, 2012, p. 541).

8.2. LIMPIEZA

- **Eliminación de suciedad superficial**

Como inicio del proceso se llevará a cabo una limpieza superficial en seco de los depósitos de tierra y polvo acumulado (Fig. 65), estos se encuentran sobre toda la superficie de la pieza y en el interior de la base.



Figura 65. Detalle de la pulverulencia yacente sobre la obra.

A parte de estas dos áreas se encuentran las superficies de las plataformas metálicas donde albergan concreciones de tierra seca, así como en la parte interna del mecanismo de los brazos que conecta con dichas plataformas, lugar último en donde se encuentran depósitos biológicos como restos de insectos y telarañas (Fig. 66).

Para la limpieza se hará uso de una brocha de cerdas suaves para efectuar el barrido de la suciedad más superficial y con la ayuda de un aspirador se irá absorbiendo el exceso retirado con la brocha. De esta forma se evitará que dicha suciedad se pueda volver a depositar o acumularse sobre la obra o bien para mantener un área de trabajo limpio y en condiciones favorables para la pieza.

- **Limpieza físico-mecánica en seco**

Posterior a la primera limpieza superficial, se realizará una limpieza físico-mecánica en seco por medio de bisturí⁸⁰ de hoja N°3, con mango n°10, y lupa binocular⁸¹. El proceso se realizará incidiendo con la hoja del bisturí, con una inclinación de 30° sobre el área a limpiar, de esta forma se previenen la aparición de rayones sobre la superficie metálica.



Figura 66. Depósitos biológicos acumulados en el interior de la base.

La limpieza con bisturí permitirá incidir en zonas como las superficies de pesaje, las cuales poseen concreciones terrosas que pueden ser eliminadas de manera efectiva de esta forma, sin afectar a la pieza debido a la inclinación con la que se aplicará el bisturí la cual disminuye la presión mecánica ejercida durante la limpieza.

- **Limpieza físico-mecánica en húmedo**

Se realizará una limpieza físico-mecánica en húmedo para reblandecer concreciones terrosas muy adheridas. Este proceso se llevará a cabo con un cepillo de cerdas suaves y agua desionizada, cepillando circularmente sobre las áreas a limpiar.

En dado caso que la limpieza por medio de cepillo y agua desionizada no retirase la suciedad se pasaría al uso de bisturí, lupa binocular y agua desionizada igualmente.

8.3. ELIMINACIÓN DE PRODUCTOS DE CORROSIÓN

- **Limpieza mecánica**

Para la remoción de la capa de corrosión se aplicará una limpieza mecánica

⁸⁰ Se ha decidido emplear el bisturí puesto que podría ser un material efectivo para la remoción de suciedad y elementos muy adheridos a la obra.

⁸¹ Este proceso permitirá trabajar bajo ciertas garantías de seguridad que eviten la aparición de rayados sobre la pieza.

por medio de microtorno con cepillo de hilo metálico (Fig. 67).

Este es un método mecánico que resulta adecuado debido a que ofrece un mayor control sobre los depósitos a eliminar, no produce cambios en la composición de los objetos y es una alternativa eficaz para mantener las improntas y los restos de otros materiales adheridos a la superficie del objeto, cuando es el caso⁸².



Figura 67. Microtorno con cepillo de hilo metálico.

Por otra parte, este proceso permite remover capas de corrosión generalizada de manera efectiva, maximizando el aprovechamiento del periodo de limpieza para enfocarlo en otras áreas de corrosión localizada que representan una eliminación más específica.

- **Limpieza físico-mecánica en húmedo**

Se realizará una limpieza por medio de cepillo de tipo comercial y alcohol etílico una vez se agote la efectividad del microtorno sobre la superficie metálica.

Para este caso se considera que un disolvente polar como lo es el alcohol etílico, provee las prestaciones adecuadas debido a las propiedades de rápido secado y baja penetración en cuanto a la acetona⁸³.

De no obtener resultados con la limpieza de alcohol y cepillo, se emplearían los disolventes que hayan funcionado mejor dentro del test de Wolbers.

- **Aplicación de quelante**

Por medio de hisopos se aplicara un quelante en áreas donde la corrosión no haya podido ser removida con el microtorno y deba emplearse esta disolución y un cepillo o bisturí para su remoción.

Para este proceso se utilizará una solución de EDTA tetrasódico de pH 11.5⁸⁴ al 4% disuelto en agua desionizada para aplicarse por medio de hisopos y posteriormente neutralizarse con el mismo disolvente y ser secado con acetona.

- **Eliminación de Carbonatos**

Para la limpieza de corrosión calcárea (Fig. 68) se debe tomar en cuenta que es una capa difícil de remover por lo que se tiene como primordial el probar con diversos agentes químicos empleados en limpieza de esta índole que puedan reblandecer la capa a eliminar, sin embargo, dicha capa representa una dificultad por la dureza que posee.

Sobre la pieza, las concreciones calcáreas se encuentran en la parte inferior de una de las planchas metálicas y en dispuesta en picadura sobre la mayoría de la extensión de la pieza.

Como posible alternativa para la remoción de esta capa, se ha tomado



Figura 68. Detalle de carbonatos por debajo de una de las plataformas de pesaje.

82 MARTÍNEZ, S. (2011). *Técnicas metodológicas aplicadas a la conservación-restauración del patrimonio metálico*, p. 49.

83 La acetona al secarse rápidamente, más que el alcohol, puede generar manchas blancas sobre la superficie metálica, sin embargo, en conjunción con otro disolvente como lo es el alcohol esta problemática no sucedería.

84 CTS. (2008). *Agentes Complejantes*. Disponible en: <https://shop-espana.ctseurope.com>.

el EDTA⁸⁵ tetrasódico al 4% gelificado en Agar Agar (Fig. 69) el cual puede aplicarse sobre las capas de carbonatos.

Para este procedimiento, los tiempos de exposición con la superficie metálica se controlarán de manera que se supervise el comportamiento del efecto del quelante sobre la obra. Posterior al tiempo de aplicación, la disolución se cepillará dependiendo de las necesidades que requiera la zona a tratar y finalmente se neutralizará con agua desionizada y cepillo.

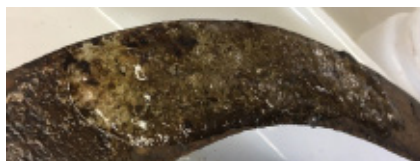


Figura 69. EDTA gelificado con Agar Agar en acción sobre superficie metálica.

En caso de no conseguirse el resultado deseado por medio del EDTA gelificado, se aplicará el uso de ultrasonidos (Fig. 70). Produce de manera controlada, hasta 32.000 vibraciones rectilíneas por segundo con una potencia eficaz y constante en las puntas.⁸⁶

8.4. SECADO Y DESENGRASADO

Para estos dos procesos se aplicarán dos disolventes polares, alcohol etílico para el secado y acetona para el desengrasado, aplicándose por medio de cepillo de cerdas suaves sobre toda la superficie metálica.

Ambos procesos se realizan de manera preliminar ante una inhibición o protección para evitar que el metal se impregne con cualquier sustancia existente sobre los guantes y la cual pueda influir de manera negativa en la efectividad de tratamientos posteriores.



Figura 70. Ultrasonidos de sobremesa.

8.5. INHIBICIÓN

Este proceso es una etapa importante de la intervención ya que a través de ella se obtiene como resultado una barrera físico-química que ralentiza la corrosión y proporciona una estabilidad sobre el tiempo.

A su vez, el proceso de inhibición apacigua el flujo del electrón entre las áreas anódicas y catódicas en la superficie metálica, crea una barrera física la cual es hidrofóbica, que repele el agua, y regula el valor del pH del electrolito⁸⁷.

En condiciones óptimas, un inhibidor presenta cualidades como estabilidad, durabilidad y reversibilidad, siendo eficaz a un rango de pH entre 2 y 8.5. Debe ser sencillo de aplicar y de reponer, ser absorbente o estar químicamente unido al sustrato, y poseer una baja toxicidad tanto para el restaurador como para el medioambiente⁸⁸.

Para el hierro y sus aleaciones, tradicionalmente se han utilizado el ácido tánico y los fosfatos [p.ej. fosfato de calcio y de zinc].

En el caso del cobre y sus aleaciones, se utilizan inhibidores de origen orgánico, como el BTA⁸⁹ y sus derivados a base de nitrógeno, como el MBT

85 Ácido etilendiaminotetraacético. Es una sustancia quelante que se emplea mayoritariamente en el campo de la química analítica y al adherirse a los iones de ciertos metales forma complejos con elevada solubilidad en agua, lo cual facilita la remoción y eliminación.

86 Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales (DCRBC). (2018) *Materiales Y Técnicas Para La Limpieza: Sistemas Mecánicos Y Físico-Químicos*, p. 26.

87 Martínez et al. (2011). *Técnicas Metodológicas Aplicadas A La Conservación-Restauración Del Patrimonio Metálico*, p. 56-57.

88 Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (MECD). (2015). *Proyecto COREMANS: Criterios de Intervención en Materiales Metálicos*, p. 73.

89 Cameo. (2016). *Benzotriazole*. Disponible en: <http://cameo.mfa.org/Benzotriazole>.

(2-mercaptobenzothiazole). El BTA, es un compuesto heterocíclico con un anillo de benceno fusionado a un anillo de 1, 2, 3-triazol; soluble en etanol, benceno, cloroformo, dimetilformamida, tolueno, ligeramente soluble en agua, y estable ante ácidos y álcalis.

Para este proceso se considero la posibilidad de aplicar una inhibición por medio de ácido tánico, ya que es el empleado tradicionalmente para objetos de hierro y sus aleaciones⁹⁰.

Sin embargo, al tener un componente de bronce, la cual es el medidor de precisión de pesaje junto a la aguja sobre el astil, se descartó la opción de emplear este componente por la característica que tiene el ácido tánico de oscurecer los objetos de cobre.

Como alternativa a emplear se concluyó que se aplicará una inhibición por medio de BTA el cual es un componente que se emplea en el tratamiento de hierros poco corroídos como en el caso de estudio.

Se iniciará el proceso, preparando el inhibidor al 3% en una disolución hidroalcohólica en proporción 1:1 y se aplicará en un ambiente libre de corrientes de aire, en pequeñas cantidades y por medio de impregnación con brocha.

8.6. PROTECCIÓN

En general, las capas de protección deben ser reversibles, estables, no interactuar químicamente con el metal, garantizar cierta durabilidad, no interferir el aspecto de la superficie original y tener una penetración limitada⁹¹.

- **Primera protección**

Por medio de este tratamiento se forma una película aislante entre el objeto y el medioambiente que protege a la superficie expuesta contra partículas atmosféricas, agentes contaminantes, filtraciones de agua y disoluciones agresivas.

Este proceso se llevará a cabo por medio de la utilización de Paraloid® B-44⁹² (Fig. 71) al 7% en acetona. El Paraloid® B-44 es una resina sintética acrílica en forma de perlas, no soluble en agua, incolora, con buena reversibilidad, resistente a los microorganismos, estable durante su envejecimiento y que se puede preparar en acetona, lo cual facilita el secado de la misma.

Se aplicará por impregnación con un pincel de manera uniforme, evitando excesos puesto que puede generar brillos indeseados sobre la superficie del metal. Para que la protección sea exitosa se dejará secar, envolviéndose en una bolsa de plástico por 24 horas (Fig. 72) para evitar la exposición de la pieza al ambiente y al particulado presente en el mismo.

- **Segunda protección**



Figura 71. Paraloid B-44 en forma de pequeños cristales.



Figura 72. Detalle de obra metálica cubierta con plástico durante la fase del secado.

90 Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (MECD). (2015). *Proyecto COREMANS: Criterios de Intervención en Materiales Metálicos*, p. 36.

91 *Ibid*, p. 41.

92 Calvo, A. (2003). *Conservación y Restauración: Materiales, Técnicas y Procedimientos de la A a la Z*, p. 166.

Pasadas las 24 horas se procederá a la aplicación de la segunda protección, esta permite generar una barrera doble contra la humedad y agentes medioambientales agresivos.

La protección con una mezcla de proporción 1:1 de perlas de cera microcristalina (Fig. 73) y White spirit. Se aplicará la mezcla de manera homogénea sobre la superficie metálica por medio de muñequilla o cepillo de cerdas suaves.



Figura 73. Perlas de cera microcristalina.

Para que el acabado sea homogéneo, se debe tener en cuenta que al ser aplicada la cera, esta no presente acumulaciones sobre el utensilio empleado para extender el material sobre la superficie de la obra, puesto que en caso de que existan dichas acumulaciones, pueden surgir bolas blancas de cera difíciles de eliminar.

La ventaja de esta protección es que la cera matifica el brillo resultante de la primera protección, generando un resultado más natural. En caso de desear más brillo se puede lustrar pasados aproximadamente 20 a 30 minutos posteriores al secado de la protección.

10. CONSERVACIÓN PREVENTIVA

La conservación preventiva refleja las acciones que se deben tomar ante todas las anomalías que inciden de forma directa, es decir, sobre el objeto y en indirectas, que se refieren al medio dentro del cual se encuentra la pieza y que a su vez afectan a los materiales asociados dentro de la conservación de la pieza, generando otras problemáticas por la naturaleza de cada uno de los materiales⁹³.



Figura 74. Polietileno aluminizado.

Por estos aspectos es por lo que se debe tener en cuenta tanto las características materiales como inmateriales que componen a la obra. Entre los materiales podemos encontrar la fabricación, las ornamentaciones, el mecanismo y la tipología, y dentro de los inmateriales se encuentran la significación cultural, la procedencia y el bagaje histórico que la pieza pueda poseer⁹⁴. De esta manera, se concibe una forma de actuación ideal para la pieza, que evita o reduce al máximo el proceso de deterioro.

Para preservar correctamente la obra se deben tomar en consideración una serie de premisas en cuanto a su manipulación, almacenaje, y exposición, que optimicen la longevidad de la pieza y el estado de conservación de manera eficaz⁹⁵.

Conocer las condiciones en las que se va a mantener la obra tras la intervención es uno de los aspectos más importantes a la hora de definir unos criterios de conservación preventiva.

En este caso la obra pasará a manos del propietario y tendrá una función meramente decorativa en el hogar del sujeto sin hacer uso de la misma a nivel funcional, por lo que la pieza se ve enfrentada una dificultad en términos del mantenimiento para medidas de conservación preventiva.

Como medidas generales, se debe plantear el uso de sistemas para el control de la humedad, manteniendo está por debajo del 35% puesto que el hierro se corroe con facilidad ante niveles de humedad elevada.

Por otro lado, es importante tomar en cuenta que los materiales empleados en las protecciones comprenden otras alteraciones. En términos del Paraloid® B-44, no tolera bien los cambios de temperatura y amarillea por un proceso de *crosslinking* o reticulación⁹⁶. En relación con la cera microcristalina, la misma es sensible al calor, puede atrapar polvo y afectar el aspecto superficial de la obra.

En términos de transporte, la pieza al ser movilizada debe ir en una caja diseñada con base en las dimensiones de la obra, a ser preferiblemente de madera con cobertura de material ignífugo⁹⁷ en su exterior, polietileno aluminizado en su interior para absorber el calor del exterior y una cobertura de espuma de polipropileno ajustada a forma de la pieza, superpuesta alrededor del polietileno aluminizado (Fig. 74).



Figura 75. Polietileno expandido.

93 ORTEGA, A. (1996). *Embalajes y Materiales Para El Transporte de Obras de Arte*, p. 60-62.

94 *Ibíd*, p. 60.

95 *Ibíd*, p. 62.

96 Formación de enlaces covalentes que mantienen juntas porciones de varias cadenas de polímeros.

97 Material que rechaza la combustión y protege contra el fuego.

A su vez la obra debe estar cubierta por una capa de polietileno⁹⁸ expandido (Fig. 75) antes de ser depositada dentro de la caja.

10.1 RECOMENDACIONES EXPOSITIVAS

En caso de que la obra vaya a ser expuesta, es imprescindible que se ampare la integridad física de la misma y que esta vaya acompañada de un sistema explicativo para reflejar el aspecto funcional de la obra.

La iluminación ha de ser aproximadamente entre 150 a 200 lux, con un componente de radiación inferior a 75 m W/lumen, puesto que este componente es el que se recomienda utilizar para el mantenimiento de capas de protección⁹⁹.

Para evitar daños de tipo antrópico sobre la obra por rozadura, se considera necesario la fabricación de una reproducción lo más fiel al original la cual se habilite para esta función. De esta forma el original se mantiene preservado y no está al alcance o exposición de ningún factor que pueda generar una alteración no deseada.

Cabe destacar que la pieza representa un avance a nivel tecnológico dentro de la sociedad y que tiene una bagaje histórico de más de un milenio, por lo que sería oportuno acompañar la exposición de la obra con una comparativa de modelos anteriores y posteriores.

A su vez, dichos modelos deberían ir junto a fichas explicativas que contrasten los avances que se han dado a lo largo de la evolución de los mecanismos empleados para la fabricación de balanza, puesto que estas han sido aplicadas en laboratorios, farmacias, tiendas misceláneas y en el hogar.

Todos estos mecanismos varían según su carácter funcional y reflejan principios tanto físicos como de ingeniería que es relevante a la hora de entender el funcionamiento de cada una de las tipologías existentes.

En relación al aspecto teórico y técnico de la obra, se podría formular material didáctico y explicativo sobre este tema junto a los modelos de cada balanza.

98 Este tipo de polietileno es un material neutro el cual se encuentra libre de ácidos por lo que no supone un peligro para la obra.

99 Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (MECD). (2015). *Proyecto COREMANS: Criterios de Intervención en Materiales Metálicos*, p. 44.

11. CONCLUSIONES

Tras la elaboración de una documentación histórica y tipológica se ha podido conocer que las ornamentaciones de la base de la pieza son propias de las balanzas fabricadas a partir del siglo XX, donde los detalles recargados, un tanto platerescos, trascienden a un estilo más sencillo y lineal.

A su vez, se ha podido determinar un mecanismo donde el astil principal se encuentra por debajo de los platillos o plataformas de pesaje, propio de las balanzas de Roverbal fabricadas a partir del siglo XIX.

A lo largo del proceso de estudio, los daños concebidos sobre la pieza han dificultado la lectura y análisis de los mismos. No obstante, el estudio de la obra ha podido llevarse a cabo y de esta manera se ha determinado la naturaleza de la pieza, a través los objetivos que fueron planteados en un principio para su estudio.

Sin embargo, por medio de un análisis organoléptico, histórico y tipológico, apoyado documentación técnica de las alteraciones encontradas, se han podido identificar gran cantidad de alteraciones y particularidades que la obra presenta.

La documentación fotográfica de la obra se ha realizado de manera intermitente debido a la situación relacionada a la pandemia y el cierre de ciertas instalaciones como laboratorios y salas de trabajo de la facultad. Es por ello que a lo largo del trabajo no se ven reflejadas tomas fotográficas de estudios microscópicos.

A través de este trabajo se han definido medidas para la conservación y restauración de una balanza. Las alteraciones de la pieza ofrecen información sobre que el material primario de la pieza sea de hierro, el cual ha estado en proceso de deterioro durante 20 años. Estas alteraciones han sido el resultado de la exposición al lugar donde se encontraba depositada, el cual supuso numerosas causas de detrimento para la pieza.

12. BIBLIOGRAFÍA

Acanomas.com. 2015. Balanza - Inventos Y Descubrimientos - Acanomas. Com. [web] Disponible en: <<http://www.acanomas.com/Inventos-y-Descubrimientos/1422/Balanza.htm>> [Acceso 6 Octubre 2020].

Archive, W., 2018. The Roberval Balance. [web] Web.archive.org. Disponible en: <<https://web.archive.org/web/20110514002258/http://www.lhup.edu/~dsimanek/museum/roberval.htm>> [Acceso 11 Abril 2020].

Archive, W., 2020. Prix ROBERVAL- Les Balances De ROBERVAL- Les Balances De ROBERVAL. [web] Web.archive.org. Disponible en: <<https://web.archive.org/web/20100822190550/http://prixroberval.utc.fr/balances-de-roberval.html>> [Acceso 14 Marzo 2020].

Balance (Instrument), 2012. Dictionnaires et Encyclopédies sur 'Academic' [web]

Balanza analítica- EcuRed, 2016. EcuRed. Cu [web]

Balanza Hidrostática, 2014. Www4.ujaen.es [web]

Balanzas analíticas: usos, mantenimiento, tipos, sensibilidad, 2015. ABCpedia [web]

BASTOS, VICENTE JOAQUÍN, 1862, Diccionario histórico enciclopédico. 1. Princeton University.

Berbel, C. and Rodriguez, Y., 2018. ¿De Dónde Procede La Balanza De La Justicia?. [web] Confilegal. Disponible en: <<https://confilegal.com/20180813-origen-de-la-balanza-de-la-justicia/>> [Acceso 6 Jun 2020].

Cameo. (2016). Benzotriazole. Recuperado de <http://cameo.mfa.org/wiki/Benzotriazole>

Calvo, A. (2003). Conservación y Restauración: Materiales, técnicas y procedimientos de la A a la Z. Barcelona, España: Ediciones el Serbal.

CANO, JESUS, 2011, Elementos Químicos. Herramientas.educa.madrid.org [web]. 2011. [Acceso 22 Junio 2020]. Disponible en: <http://herramientas.educa.madrid.org/tabla/6usos/fe6.html>

CASTAÑO, JOSE, 2020, El libro de los pesos y medidas. Toledo : La Esfera de Los Libros.

CTS Europe. (2010). Espesantes. Recuperado de <https://shop-espana.ctseurope.com/documentacioncts/fichastecnicasweb2018/3.1disolventes2016/relaciones-brochure/espesantes.pdf>

DIEZ, ÁLVARO ÁLVAREZ, 2020, Instrumental científico del Departamento de Física y Química. Patrimonio Científico (IES Goya) [web]. 2020. [Acceso 18 Noviembre 2020]. Disponible en: <http://patrimoniocientificoiesgoya.blogspot.com/2017>.

El Hierro: Propiedades, cómo se obtiene y tipos de hierro, 2016. Lean

Manufacturing 10 [web]

GRAHAM, J T, 2020, Scales and Balances. 17. Aylesbury : Shire Publications.

Guía de Minerales Industriales, 2002. , 5. AINDEX.

KISCH, BRUNO, 1966, Scales and Weights. A Historical Outline. 6. New Haven : Yale University Press.

L, WILSON C, 2020, Comprehensive Analytical Chemistry. 13. New York : Elvieser Publishing Company.

Lastras, M. (2019). Apuntes de conservación y restauración de metales. Taller II conservación y restauración en escultura y arqueología. [Presentación de PowerPoint]. Recuperado de Poliformat.

“Le” Journal des scavans, 2016. , 17. Austria : Witto.

Lenntech.es. 2018. Hierro (Fe) Propiedades Químicas Y Efectos Sobre La Salud Y El Medio Ambiente. [web] Disponible en: <<https://www.lenntech.es/periodica/elementos/fe.htm>> [Acceso 17 Mayo 2020].

LUCENDO, JORGE, 2019, 80 Siglos de Invenciones. Barcelona.

LULL, JOSÉ, 2013, Los antiguos egipcios y los sideritos- Conec. Conec [web]. 2013. [Acceso 13 Junio 2020]. Disponible en: <http://www.conec.es/mundo/los-antiguos-egipcios-y-los-sideritos/>

Maupe. 2019. ¿Qué Tipos De Balanzas Existen?. [web] Disponible en: <<https://www.maupe.com/Empresa/tipos-balanzas-existen/>> [Acceso 29 Febrero 2020].

Martínez, S., & Alonso, E. (2011). Técnicas metodológicas aplicadas a la conservación-restauración del patrimonio metálico. Madrid, España: Secretaría General Técnica, Subdirección General de Publicaciones, Información y Documentación.

Mecafenix, I., 2018. ¿Que Es Una Balanza Y Para Que Sirve?- Ingeniería Mecafenix. [web] Ingeniería Mecafenix. Disponible en: <<https://www.ingmecafenix.com/medicion/balanza/>> [Acceso 17 Junio 2020].

Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (MECD). (2015). Proyecto COREMANS: Criterios de intervención en materiales metálicos. Madrid, España: Autor

Mora, J., 2019. Paralelogramo Articulado. [web] Jmora7.com. Disponible en: <http://jmora7.com/GG5/Maquinas/indice_mecan7.html> [Acceso 17 Junio 2020].

MOCROVETTO, GUILLERMO, 2005, Balanza Béranger (c 1850). French Béranger counter scale.- Colección de Instrumentos Científicos: G. Crovetto. Sites.google.com [web]. 2005. [Acceso 6 Julio 2020]. Disponible en: <https://sites.google.com/site/coleccionguillermocrovetto/home/balanzas/balanza-branger>

MORRAL, F R, 1985, Metalurgia general. II, Volumen 2. 8. Reverte.

Museum, N., 2012. Equal Arm Analytical Balances - Exhibits & Galleries - Museum Of Medical Research. [web] Web.archive.org. Disponible en: <<https://web.archive.org/web/20170513054241/https://history.nih.gov/exhibits/balances/index.html>> [Acceso 17 Mayo 2020].

MURRAY, O, 1988, Historia del mundo antiguo: Grecia arcaica. 7. Taurus.

mym instrumentos tecnicos. 2020. Tipos De Balanzas- Mym Instrumentos Tecnicos. [web] Disponible en: <<https://www.myminstrumentostecnicos.com/equipos-de-laboratorio/tipos-de-balanzas/>> [Acceso 17 Mayo 2020].

ORTEGA GIRÓN, MANUEL R, 1978, Prácticas de Laboratorio de Física General. 14. Barcelona : Editorial Continental.

PATNAIK, PRADYOT, 2002, Handbook of Inorganic Chemicals. 9. Chicago : McGraw Hill.

Phenix A., & Wolbers, R. (2012). Removal of varnish: organic solvents as cleaning agents. In J. Hill, & R. Rushfield (Eds.), Conservation of Easel Paintings (p. 524-554). Abingdon, Reino Unido: Routledge.

PÉREZ, DAVID LEVY, 2018, El hierro y sus aleaciones. Es.slideshare.net [web]. 2018. [Acceso 4 Junio 2020]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/scourge/el-hierro-y-sus-aleaciones>.

Pierre, B., 2018. La Balancerie Travers Les Ges. [web] Bernard.thinsselin.free.fr. Disponible en: <<http://bernard.thinsselin.free.fr/balance.html>> [Acceso 27 Abril 2020].

Red, E., 2015. Balanza- Ecured. [web] Ecured.cu. Disponible en: <<https://www.ecured.cu/Balanza>> [Acceso 8 Julio 2020].

Ros, M., 2017. ¿Quién Inventó La Balanza?. [web] Quieninvento.org. Disponible en: <<https://www.quieninvento.org/quien-invento-la-balanza/>> [Acceso 17 Agosto 2020].

ROZADOS, LORENA ALVAREZ, 2013, La báscula y su evolución. Es.slideshare.net [web]. 2013. [Acceso 4 Agosto 2020]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/lorelly2164/la-evolucion-de-la-tecnologa-28787903>.

ROLDAN HERVÁS, JOSE MANUEL, 1998, Historia de La Grecia Antigua. 10. Universidad de Salamanca.

Ruiza, M., Fernández, T. y Tamaro, E. (2004). Biografía de Luis XV. En Biografías y Vidas. La enciclopedia biográfica en línea. Barcelona, España. Recuperado de https://www.biografiasyvidas.com/biografia/l/luis_xv.htm el 22 de julio de 2020.

Sabat, J., 2018. Equipos De Laboratorio. [web] EPDC. Disponible en: <https://www.equiposylaboratorio.com/sitio/contenidos_mo.php?it=584> [Acceso 2 Junio 2020].

SÁNCHEZ, THELMA DIEGO, 2013, Proyecto de calibracion.

Proyectodecalibracion.blogspot.mx [web]. 2013. [Acceso 15 Junio 2020]. Disponible en: http://proyectodecalibracion.blogspot.mx/2011_11_01_archive.html.

UV. [web] Disponible en: https://coleccion.es/mic_fichas/item/16713#c=&m=&s=&cv=&xywh=-1335%2C0%2C4204%2C2047 [Acceso 21 Abril 2020].

WEST, DONALD M, 1985, Introducción a la química analítica. 8. Reverte.

Zumbado Fernández, Héctor (2004). Análisis químico de los alimentos: métodos clásicos. Ciudad de La Habana: Editorial Universitaria (Cuba).-- ISBN 978-959-16-0253-4.-- 439 pág.

13. ÍNDICE DE IMÁGENES

Figura 1. Vista General De La Obra. Imagen Propia.

Figura 2: Egipto: Signos y símbolos de lo sagrado. Tomado de: <http://amigosdelantiguoegipto.com/?page_id=12467>. [Consulta: 21 de julio de 2020].

Figura 3. Tipos de Balanza. Tomado de: <<https://www.myminstrumentostecnicos.com/equipos-de-laboratorio/tipos-de-balanzas/>>. [Consulta: 21 de julio de 2020].

Figura 4. Plomada Egipcia. Tomado de <<https://societyteknologi.aculg1.wordpress.com/inventos-de-las-grandes-civilizaciones/egipto/>>. [Consulta: 21 de julio de 2020].

Figura 5. Statera Romana. Tomado de <<https://domus-romana.blogspot.com/2019/06/macellum-el-mercado-en-la-antigua-roma.html>>. [Consulta: 21 de julio de 2020].

Figura 6. Máquinas de Leonardo Da Vinci: Un Genio Observador. Tomado de <<https://www.muyhistoria.es/h-moderna/fotos/las-maquinas-de-leonardo-da-vinci/un-genio-observador>> [Consulta 22 de julio de 2020].

Figura 7. Balanza de Beranger: French Counter Scale. Tomado de <<https://sites.google.com/site/coleccionguillermocrovetto/home/balanzas/balanza-branger>>. [Consulta: 22 de mayo de 2020].

Figura 8. Puente de Pesaje para Camiones. Tomado de <<http://bernard.thinsselin.free.fr/images/ponta.jpg>>. [Consulta: 22 de julio de 2020].

Figura 9. Seigneurie, A. (1904) Diccionario Enciclopédico de Comestibles e Industrias: Escalas. Tomado de <<https://media.timetoast.com/timelines/inventos-de-la-revolucion-industrial-1d9b4130-5c2f-4e88-829a-429c8ef56e85>>. [Consulta: 22 de julio de 2020].

Figura 10. La Balanza a Través de los Siglos. Tomado de <<http://bernard.thinsselin.free.fr/balance.html>> [Consulta: 22 de julio de 2020]

Figura 11. The Invention of Scales. Tomado de <<http://technology.lilithazine.com/images/Inventions-Scales.jpg>>. [Consulta: 21 de julio de 2020].

Figura 12. Roman Balance With Two Bronze Weights. Tomado de <http://exploratorium.galloromeinsmuseum.be/Default.aspx?query=search=deeplink%7C/record/uniqid=obj_4062&showtype=record>. [Consulta: 22 de julio 2020].

Figura 13. Patrimonio Científico: Balanza de Roverbal. Tomado de: <<http://patrimoniocientificoiesgoya.blogspot.com/2017/>>. [Consulta: 22 de julio de 2020].

Figura 14. Tipos de Balanza. Tomado de: <<https://www.tipos.co/tipos-de-balanza/>>. [Consulta: 22 de julio de 2020].

Figura 15. Colección De Instrumentos Científicos: G. Crovetto. Balanza Testut (C 1910). French Precisión Balance. Tomado de: <<https://sites.google.com/site/coleccionguillermocrovetto/home/balanzas/balanza-testut>>. [Consulta: 22 de julio de 2020].

Figura 16. Balance: Instrument. Tomado de: <<https://fracademic.com/dic.nsf/frwiki/175659>>. [Consulta: 22 de julio de 2020].

Figura 17. Balanza de Letras. Tomado de: <<https://enacademic.com/dic.nsf/enwiki/10764>>. [Consulta: 22 de julio de 2020].

Figura 18. Balanza Hidrostática. Disponible en: <<https://www4.ujaen.es/~jamaroto/F15.jpg>>. [Consulta: 22 de julio de 2020].

Figura 19. Balanza de Mohr-Westphal. Disponible en: <https://www.ecured.cu/Balanza_de_Mohr-Westphal>. [Consulta: 22 de julio de 2020].

Figura 20. ¿Qué Es Una Balanza Y Para Qué Sirve? Tomado de: <<https://www.ingmecafenix.com/medicion/balanza/>>. [Consulta: 22 de julio 2020].

Figura 21. Balanza Analítica. Disponible en: < https://www.ecured.cu/Balanza_analitica>. [Consulta: 22 de julio de 2020].

Figura 22. Detalle Del Brazo Principal Ubicado En El Interior De La Base. Imagen propia.

Figura 23. Sistema De Sujeción En Forma De Placas De Cruz. Imagen propia.

Figura 24. Capacidad Máxima De Pesaje. Imagen propia.

Figura 25. Vista Frontal Cara A. Imagen propia.

Figura 26. Vista Frontal Cara B. Imagen propia.

Figura 27. Vista De Planta. Imagen propia.

Figura 28. Vista De Perfil A. Imagen propia.

Figura 29. Vista De Perfil B. Imagen propia.

Figura 30. Plataforma Metálica En Forma De Platillo. Imagen propia.

Figura 31. Plataforma Metálica en Forma de Plancha. Imagen Propia.

Figura 32. Brazos Unidos A Las Plataformas Por Tornillos. Imagen propia.

Figura 33. Base De Balanza. Imagen propia.

Figura 34. Aguja E Indicador De Precisión. Imagen propia.

Figura 35. Medidas De Vista De Perfil. Imagen propia.

Figura 36. Medidas De Vista De Planta. Imagen propia.

Figura 37. Fragmento de Hierro. Disponible en: <<https://www.edu.xunta>.

gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947174/contido/421_obtencin_del_mineral_de_hierro.html>. [Consulta: 23 de julio de 2020].

Figura 38. Uso Ceremonial Del Hierro Meteórico En El Antiguo Egipto. Tomado de: <<http://www.conec.es/mundo/los-antiguos-egipcios-y-los-sideritos/#lightbox/0/>>. [Consulta: 23 de julio de 2020].

Figura 39. Mena De Hematita, Fuente Mineral Para La Extracción de Hierro. Tomado de: <<http://www.espiritugaia.com/Hematite.htm>>. [Consulta: 23 de julio de 2020].

Figura 40. Corrosión Generalizada Uno De Los Brazos De La Balanza. Imagen propia.

Figura 41. Fragmento de Limonita. Tomada de: <https://mineriaenlinea.com/rocas_y_minerales/limonita/>. [Consulta: 27 de julio de 2020].

Figura 42. Goethita Botroidal O De Aspecto Globular. Tomado de: <<https://www.avesfotos.eu/mineral-goethita>>. [Consulta: 27 de julio de 2020].

Figura 43. Prueba De Magnetismo Con Clip De Aluminio Sobre Un Fragmento De Magnetita. Tomado de: <<http://losporquesdelanaturaleza.com/magnetita/>>. [Consulta: 27 de julio de 2020].

Figura 44. Hacha Sueca De Hierro, Encontrada En Gotland, Alemania. Tomado de: <<https://kildarerevoluciontecnologica.blogspot.com/2019/08/la-revolucion-de-la-tecnologia.html>>. [Consulta: 27 de julio de 2020].

Figura 45. Herraje De Hierro. Tomado de: <<https://esacademic.com/dic.nsf/eswiki/110040>>. [Consulta: 27 de julio de 2020].

Figura 46. Verja De El Palacio Puzzi, S. XVI. Tomado de: <<https://esacademic.com/dic.nsf/eswiki/110040>>. [Consulta: 27 de julio de 2020].

Figura 47. Sulfato De Ferroso En Forma De Fertilizante Para Plantas. Tomado de: <<https://medicroslavl.ru/es/equipment-for-garden/zheleznyi-kuporos-primenenie-v-sadu-zheleznyi-kuporos-primenenie-v.html>>. [Consulta: 28 de julio de 2020].

Figura 48. Pigmento Rojo Veneciano Fabricado Con Oxido Férrico. Tomado de: <<https://www.kremer-pigmente.com/es/pigmentos/tierras-de-color/1305/rojo-veneciano>>. [Consulta: 28 de julio de 2020].

Figura 49. Fragmento de Magnetita. Tomado de: <<https://vivescortadaimport.com/diccionario-minerales/minerales/magnetita/index.php>>. [Consulta: 28 de julio de 2020].

Figura 50. Pigmento Azul de Prusia. Tomado de: <<https://practicaciencia.com/quimicos-y-reactivos/1446-ferrocianuro-de-hierro-iii-c18fe7n18.html>>. [Consulta: 28 de julio de 2020].

Figura 51. Detalle De Concreción Terrosa Sobre La Plancha Metálica. Imagen propia.

Figura 52. Suciedad y depósitos biológicos sobre uno de los brazos de la

obra. Imagen propia.

Figura 53. Detalle de un depósito biológico de telarañas por debajo de una de las plataformas metálicas. Imagen propia.

Figura 54. Detalle Del Mecanismo Interno De La Base Y Manchas Blanquecinas. Imagen propia.

Figura 55. Pared De Piedra Caliza Próxima A La Obra. Imagen propia.

Figura 56. Presencia De Óxidos e Hidróxidos Sobre La Pieza. Imagen propia.

Figura 57. Producto De Corrosión Contemplado Como Hematita. Imagen propia.

Figura 58. Posible Capa De Esmaltado Negro. Imagen propia.

Figura 59. Croquis de daños de la zona central del astil. Imagen propia.

Figura 60. Mapa De Daños Cara A. Imagen propia.

Figura 61. Mapa De Daños Cara B. Imagen propia.

Figura 62. Diagrama De Solubilidad Según El Test De Wolbers Con Base En Proporciones De Mineral Spirit, Isopropanol Y Acetona. Imagen propia.

Figura 63. Disoluciones Del Test De Wolbers Separadas Según Las Proporciones Y Relaciones Indicadas En La Figura Anterior. Imagen propia.

Figura 64. Proporciones Y Relación En Las Que Se Emplea El Mineral Spirit, La Acetona Y El Isopropanol Dentro Del Test De Wolbers. Imagen propia.

Figura 65. Detalle De La Pulvurulencia Yacente Sobre La Obra. Imagen Propia.

Figura 66. Depósitos Biológicos Acumulados En El Interior De La Base. Imagen propia.

Figura 67. Microtorno con cepillo de hilo metálico. Imagen propia

Figura 68. Detalle De Carbonatos Por Debajo De Una De Las Plataformas De Pesaje. Imagen propia.

Figura 69. EDTA Gelificado Con Agar Agar En Acción Sobre Superficie Metálica. Imagen propia.

Figura 70. Ultrasonido De Sobremesa. Imagen Propia

Figura 71. Paraloid B-44 En Forma De Pequeños Cristales. Imagen propia.

Figura 72. Detalle De Obra Metálica Cubierta Con Plástico Durante La Fase Del Secado. Imagen propia.

Figura 73. Perlas De Cera Microcristalina. Imagen propia.

Figura 74. Polietileno Aluminizado. Imagen propia.

Figura 75. Polietileno Expandido. Imagen propia.

