

TFG

RELOJ RATERA

CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE UN RELOJ DEL SIGLO XIX

Presentado por Alba Ferragud Sánchez

Tutor: Laura Fuster López (Dept. de Conservación y Restauración de Bienes Culturales)

Cotutor: Fernando J. García – Diego (Dept. de Física Aplicada)

Facultat de Belles Arts de Sant Carles

Grado en Conservación y Restauración de Bienes Culturales

Curso 2019-2020



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



FACULTAT DE BELLES ARTS DE SANT CARLES

RESUMEN

Este Trabajo de Fin de Grado muestra el proceso de conservación y restauración de un reloj tipo ratera (*lackschilduhr*) del s.XIX que ha estado encaminado no solo a devolver la estabilidad a los materiales (estructura y maquinaria) sino también su funcionalidad. Para ello se ha realizado una investigación en torno a el estilo del reloj, su época de producción y su funcionamiento. Este trabajo incluye los estudios y análisis previos a la intervención, así como cada una de sus fases. Finalmente el estudio incluye una propuesta de conservación preventiva con las recomendaciones de exposición y uso de la pieza.

PALABRAS CLAVE

Reloj ratera, *lackschilduhr*, restauración, conservación, maquinaria, policromía sobre madera.

RESUM

Aquest Treball de Fi de Grau mostra el proces de conservació i restauració d'un rellotge tipus ratera (*lackschilduhr*) del s.XIX que ha estat encaminat no només a tornar-li la estabilitat als materials (estructura i maquinària) sinó també la seua funcionalitat. Per això s'ha realitzat una investigació al voltant de l'estil de l'rellotge, la seva època de producció i el seu funcionament. Aquest treball inclou els estudis i anàlisis prèvies a la intervenció, així com cadascun de les seues fases. Finalment l'estudi inclou una proposta de conservació preventiva amb les recomanacions d'exposició i ús de la peça.

PARAULES CLAU

Rellotge ratera, *lackschilduhr*, restauració, conservació, maquinària, policromia sobre fusta.

SUMMARY

This BA project presents the conservation and restoration treatment of a 19th century painted dial clock (*lackschilduhr*) aimed not only to restore the stability of materials (structure and machinery) but also their functionality. For this purpose, an investigation has been carried out around the style of the clock, its production and also on how it works. This project includes the studies and analysis carried out prior to the intervention, as well as a description of each stages of the conservation treatment. Finally, the study includes some preventive conservation guidelines as well as recommendations for display and use.

KEYWORDS

Dial clock, *lackschilduhr*, restoration, conservation, machinery, polychromy on wood

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, mis más sinceros agradecimientos a mis tutores Laura Fuster y Fernando Juan García Diego por su paciencia y por guiarme y prestarme su ayuda en la elaboración de este TFG, que llevó más tiempo del estimado en un principio. A Juan Valcárcel por su ayuda en la documentación fotográfica especialmente la ultravioleta, a Esther Nebot por su ayuda en la elaboración de estratigrafías y a Montserrat Lastras por su consejo en limpieza de metales. También a mi familia, especialmente a mí madre, por su apoyo y comprensión en los momentos en que no puedes pensar.

Y finalmente a todos aquellos que me han ayudado y aconsejado, tanto en este como en otros temas, sin los cuales no hubiera podido recorrer el camino que me ha mostrado el haber cursado esta carrera.

ÍNDICE

1. OBJETIVOS	5
2. INTRODUCCIÓN	6
2.1. Aproximación histórica	6
2.2. Funcionamiento del reloj de péndulo.....	7
3. METODOLOGÍA	11
4. ESTUDIO TÉCNICO	13
4.1. Armazón.....	13
4.2. Maquinaria.....	14
4.3. Capa pictórica.....	16
5. ESTADO DE CONSERVACIÓN	17
5.1. Armazón.....	17
5.2. Maquinaria.....	17
5.3. Capa pictórica	19
6. TRATAMIENTO DE INTERVENCIÓN	20
6.1. Desmontaje.....	20
6.2.1. Armazón.....	20
6.2.2. Maquinaria.....	21
6.2.3. Capa pictórica	22
6.2. Montaje.....	23
7. PROPUESTA DE CONSERVACIÓN PREVENTIVA	30
9. BIBLIOGRAFÍA	32
10. ANEXOS	33
ANEXO I- GLOSARIO	33
ANEXO II- ÍNDICE DE IMÁGENES	35
ANEXO III- FICHAS TÉCNICAS DE PRODUCTOS.....	36
ANEXO IV- MATERIAL FOTOGRÁFICO COMPLEMENTARIO.....	39
ANEXO V- FUNCIONAMIENTO Y CÁLCULOS	43

1. OBJETIVOS

El objetivo principal de este Trabajo Final de Grado es restablecer la estética y la funcionalidad de un reloj del s. XIX a partir de un tratamiento de intervención encaminado a preservar la materialidad de los elementos que la componen y a reconstruir las piezas faltantes para su puesta en funcionamiento.

Los objetivos secundarios son:

- Contextualizar el reloj objeto de estudio en un marco geográfico, económico y artístico en la producción relojera del s. XIX.
- Entender el despiece y funcionamiento de un reloj de péndulo.
- Documentar los aspectos fundamentales del tratamiento de intervención,
- Establecer unas pautas de conservación preventiva para su estabilidad a largo plazo.

2. INTRODUCCIÓN¹

2.1. APROXIMACIÓN HISTÓRICA

El reloj objeto de estudio se denomina reloj ratera y puede datarse en el siglo XIX pues, a falta de información de la obra, se han podido documentar unos ejemplares similares en el catálogo del Museo Británico². En cualquier caso, el anterior propietario desconocía su procedencia y el reloj no presenta sellos ni marcas, por lo que solo se puede hacer conjeturas.

Tanto los relojes ratera como el reloj de cuco eran muy típicos de la Selva Negra³. Este modelo conocido también como *lackschilduhr*⁴ se caracteriza por tener péndulo y la parte superior en forma de arco. Las primeras apariciones de este modelo datan de alrededor de 1770-1780⁵ pero es a partir del siglo XIX que estos relojes se convierten en algo típico de la Selva Negra y comienzan a exportarse a otros países.

Los relojes ratera solían personalizarse con diferentes policromías, normalmente motivos florales⁶ o imágenes de paisajes urbanos de la Selva Negra realizadas al óleo (Figura 1). Si bien la decoración podía realizarse en el lugar de destino. La maquinaria se producía en la Selva Negra y se exportaba. En el caso que nos ocupa, el motivo central representado es la tauromaquia, un tema típico de España y del sur de Francia, lo que hace pensar que el reloj pudo ser decorado por esta zona.



Figura 1. Decoración de los relojes *Lackschilduhr*

A partir de 1845 y debido a la demanda del producto se empezó a sustituir la pintura al óleo sobre un papel pintado o impreso adherido a la tabla para agilizar la producción y reducir gasto. En otros casos, sobre la preparación se

¹ El presente trabajo incluye un ANEXO I GLOSARIO con los términos técnicos de relojería utilizados en la redacción. Las palabras dicho glosario se mostrarán en negrita en el texto.

² The British Museum. *Rooms 38-39* Londres [Consulta: 4/01/2020] Disponible en: <https://www.britishmuseum.org/collection/galleries/clocks-and-watches>

³ Región montañosa de gran frondosidad, situado al sureste de Alemania. Conocida por ser un paraje natural de gran extensión y por su industria relojera.

⁴ *Lackschilduhr* (del alemán): Pintar escudo o reloj de pintura

⁵ GRAF, Johannes. *The Black Forest Cuckoo Clock. A Success Story*. En: Boletín de la NAWCC, diciembre de 2006, p. 651

⁶ GUTIÉRREZ, Miguel. Relojes de la selva negra. 2006. [Consulta 10/01/2019] Disponible en: www.geocities.ws/cucoclock/selva.html#Lackschilduhr

superponían los elementos figurativos mediante calcomanías⁷. Todo ello hace pensar que la obra que nos ocupa sea de principios del siglo XIX.

2.2. FUNCIONAMIENTO DEL RELOJ DE PÉNDULO

El sistema del **péndulo** fue estudiado por Galileo Galilei en el S XVII quien incluso llegó a realizar un prototipo. Sin embargo, se le atribuye a Christian Huygens⁸ el aplicarlo en la relojería, considerándolo pionero en la ciencia relojera. Huygens descubrió que lo que resulta determinante en la duración del movimiento es la longitud del péndulo. Así, en 1.656 construyó el primer reloj de péndulo⁹.

Las partes que componen el mecanismo interno del reloj de **péndulo** pueden variar sutilmente según el modelo. En este caso en particular distinguimos dos mecanismos. El de las agujas consta de: las **agujas**, **cilindro**, **tren de engranajes**, **ancora**, **escape**, **péndulo**, **pesas** (para lograr la energía) y **cadena**. Y en el mecanismo de **sonería** que consta de: **venterol**, **campana**, **tren de engranajes** y **rueda contadera** (Figura 2 y3).

Los relojes de péndulo supusieron un gran avance sobre modelos anteriores, como el reloj de péndulo volante, por su enorme precisión. Su uso se extendió desde el siglo XVII hasta 1930¹⁰, fecha en que se estandarizaron los relojes eléctricos.

En cuanto al funcionamiento, en los relojes ratera -como el caso que nos ocupa- la energía aportada al **péndulo** se logra mediante las **pesas**. A su vez estas acciones activan los engranajes que se ocupan del movimiento de las **manecillas**.

Los relojes de este tipo pueden tener dos conjuntos de engranajes o uno solo, dependiendo de si llevan o no **sonería**. El primer conjunto de engranajes es el que se ocupa de las horas y, como ya se ha mencionado, la fuerza motriz que lo acciona proviene de una de las **pesas**. El segundo mecanismo que puede estar o

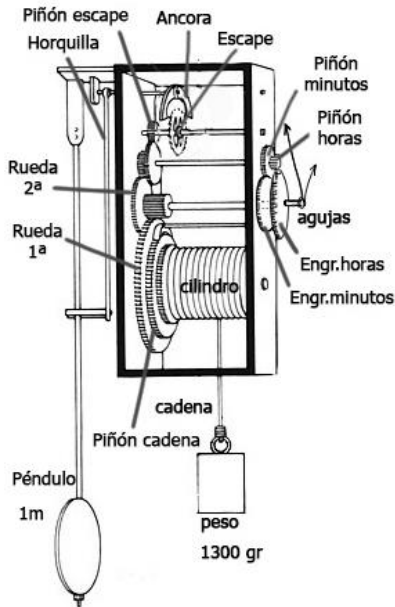


Figura 2. Esquema simple de las partes



Figura 3. Rueda contadera

⁷ HISCOX, Gardner D ; HOPKINS, Albert A. *El recetario industrial*, Ed. Gustavo Gili, Barcelona, 2007. p.104

⁸D. MOON, Francis; D. STEAFEL, Preston. *Coexisting chaotic and periodic dynamics in clock escapements*, Ed. Springer, 2006, p.104

⁹ HERRERA, Blas. *El reloj*. 2010. [Consulta: 4/01/2020]. Disponible en: deim.urv.cat/Blas.herrera/reloj2.pdf

¹⁰ GOODMAN, Emily. *Partes de un reloj de péndulo*. Brooklyn, N.Y.: 2017 [Consulta: 4/01/2020], Disponible en: https://www.ehowenespanol.com/partes-reloj-pendulo-sobre_90875/

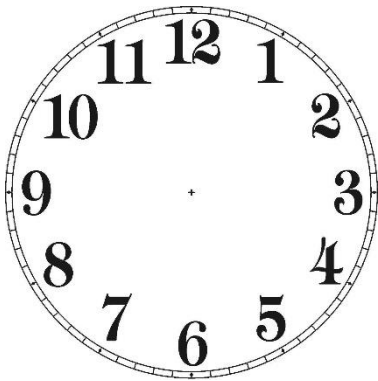


Figura 4. Esfera del reloj

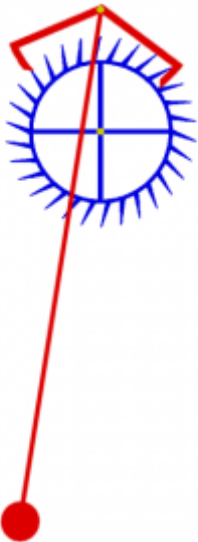


Figura 5. Mecanismo de escape formado por la rueda de escape y el ancla impulsada por el péndulo.

no, aunque frecuentemente sí que está presente, es el dispositivo de **sonería** que se ocupa de marcar las horas mediante sonidos, ya sea con un gong, una campana o música. La fuerza motriz que la acciona proviene de la otra pesa.

Estos mecanismos se sitúan sostenidos dentro del armazón, compuesto por aquellos elementos que juntos recogen y contienen la maquinaria del reloj. Existen tanto armazones de madera como de metal -si bien los elementos horizontales que lo componen suelen ser metálicos en uno u otro modelo- que sostienen los ejes de los engranajes. La estructura que cierra del todo el armazón es la caja, cuya función es meramente decorativa. Dentro de la caja se incluye la esfera (Figura 4), elemento que representa la hora y en donde se sitúan las **manecillas**. La decoración que lo caracteriza suele llevar la huella artística de su tiempo¹¹.

En cuanto al funcionamiento mecánico, en lo que se refiere a la obtención de la fuerza motriz necesaria para que funcione el reloj, se necesitan entre otros elementos la ya mencionada pesa. La posición de éste debe ser totalmente vertical o la gravedad no cumplirá su papel. Puede estar fijo a una cuerda o a una cadena en contacto con una **polea dentada**¹². Para dar cuerda al reloj una vez la pesa llega al tope se debe tirar del otro extremo de la cuerda o cadena para elevar la **pesa** a una posición inicial.

La **pesa** está conectado al **tren de engranajes** por lo que cae al ritmo que estos giran, pero también necesita la ayuda de otro mecanismo que frene la caída libre de la pesa. En nuestro caso este freno lo realiza el mecanismo del escape, integrado por la rueda de **escape** y el **ancla** (Figura 5).

Precisa también de un equipo contador de tiempo. Este elemento es el **péndulo** del reloj o **péndola**. Una péndola consta de un **peso** (lenteja) situado en el extremo de una varilla que oscila de un lado a otro debido a la acción de la gravedad. Lo que tarda en oscilar de un extremo al otro (1/2) se denomina semiperiodo y depende de la longitud del mismo, pero es siempre un tiempo constante¹³.

El **escape** y el **péndulo** están unidos. Al oscilar uno se mueve el otro. El **tren de engranajes** se bloquea y desbloquea debido a este escape¹⁴, el cual evita que

¹¹ CAUDINE, Alain: *La grande horloge. La comtoise au XIX siècle*. Les éditions de l'amateur, Paris, 2000, p.87

¹² HEUER, Peter; MAURICE, Klaus: *European Pendulum Clocks: Decorative Instruments of Measuring Time*. West Chester, Pensilvania, Schiffer Publishing Ltd., 1988. p.344

¹³ HERRERA, Blas. *Op.cit*

¹⁴ PAWN, Shown. *Que es un reloj de péndulo y como funciona*, Madrid, 2016 [Consulta: 4/01/2020] Disponible en: <http://www.pawnshop.es/reloj-de-pendolo-que-es-un-como-funciona>

los engranajes giren de forma irregular y sin control. Existen muchos tipos de **escapes**. En general constan de unos dientes con forma oblicua que además de frenar el **tren de engranajes** contribuye a dar un impulso adicional al **péndulo**¹⁵, ya que, en caso contrario, se detendría por la fricción. Es debido a este movimiento del **escape** que se produce ese característico sonido de los relojes de tic-tac. El ritmo del movimiento es pautado, permitiendo que mantenga el movimiento del **péndulo** y que en cada oscilación se mueva un diente del escape de forma regular¹⁶. Es decir, el conjunto **ancora** y rueda del escape unen el péndulo con el **tren de engranajes** de forma que, aprovechando la energía de éste, no se detiene y frena la caída libre de la pesa.

En lo que se refiere al **tren de engranajes**, se trata de una serie de engranajes conectados unos a otros que a su vez se conectan al **cilindro** donde se encuentra la **pesa**, la cual descende, girando las manecillas, cada cual a una velocidad diferente debido a la relación entre sus dientes. No fue hasta 1680 que se añadió la **aguja** del minuterero¹⁷. Además del **tren de engranajes**¹⁸ que sujeta la pesa y mueve las **manecillas**, hay un segundo tren que se conecta con la **sonería**, es decir, con el tañido de la campana si es que tiene una. Estos dos trenes de engranajes están en contacto por el hecho de que las campanadas deben darse a las horas y a las medias horas¹⁹.



Figura 6. Sistema de sonería del reloj, martillo y campana

En el **tren de engranajes**, las distintas velocidades de cada par de ejes, que equivalen a las velocidades de las **manecillas**, están relacionados con el número de dientes o diámetro de estas ruedas. Su objetivo es transmitir a diferente velocidad el movimiento de uno a otro eje. Por otro lado, el dispositivo de **sonería** (Figura 6) emite sonidos para indicar el curso del tiempo. Cuando la rueda que marca la hora da una vuelta completa hay una clavija que activa una palanca y ésta acciona un martillo que golpea la **campana**.

Para que se corresponda el número de sonidos con el de la hora, se hace uso de una **rueda contadera**²⁰. Esta rueda posee unas hendiduras en su borde, separadas según el número de campanadas que deben producir, y es controlada

¹⁵ ARMIJO, Leonardo. *¿Cómo funciona un reloj de péndulo?*, 2011 [Consulta: 6/02/2020] Disponible en: notaculturaldeldia.blogspot.com/2011/02/como-funciona-un-reloj-de-pendolo.html

¹⁶ ZURITA, Juan. *Funcionamiento de un reloj mecánico*, 2013 [Consulta: 4/01/2020] Disponible en: <https://tecnoblogueando.blogspot.com/2013/04/funcionamiento-de-un-reloj-mecanico.html>

¹⁷ *Ibid.*

¹⁸ En el anexo V hay un cálculo que relaciona el número de dientes de este tren de engranajes con la longitud del péndulo

¹⁹ GOODMAN, Emily. *Op.cit.*

²⁰ HERRERA, Blas. *Op.cit*



Figura 7. Venterol original

por una palanca que hace sonar la campana hasta que ésta se traba en las hendiduras deteniendo el sonido, pudiendo tocar tanto las horas como las medias horas y, en algunos casos, los cuartos

. La **sonería**, al igual que el rodaje principal, necesita un regulador para no acelerarse: el **venterol** (Figura 7). El venterol tiene la misma función en la sonería que el **ancora** en el rodaje principal, sin requerir precisión y siendo más silencioso que este último. Su estructura es similar a la de un ventilador, gira muy deprisa aumentando el rozamiento con el aire y, cuando la sonería se activa, éste no lo hace de golpe²¹, sino de forma suave.

²¹ Ibid.p.8

3. METODOLOGÍA

ESTUDIOS PREVIOS

Antes de intervenir una obra se deben llevar a cabo una serie de estudios previos para confeccionar el diseño de un plan de intervención y obtener todos los datos necesarios para el conocimiento del estado de conservación que presenta la obra. Además de la búsqueda bibliográfica inicial, los estudios previos realizados antes de intervenir esta obra han sido la toma de muestras para la elaboración de estratigrafías, y la documentación fotográfica inicial (visible y ultravioleta) de la obra en general y de aquellos detalles más significativos en una inspección ocular previa, tanto para la caracterización técnica de la obra como para la documentación de su estado de conservación.

REGISTRO FOTOGRÁFICO

El registro fotográfico es importante para la realización de un examen previo. Al realizar las fotografías de luz visible hemos documentado las diferentes y más evidentes patologías que muestra la obra, así como el testimonio del estado de conservación en que se encuentra la obra antes de la intervención y durante el proceso de restauración y, entre otras cosas, las zonas que pueden despertar algún interés como la evidencia de la pulverulencia de la pintura o las zonas con marcas de grafismos.

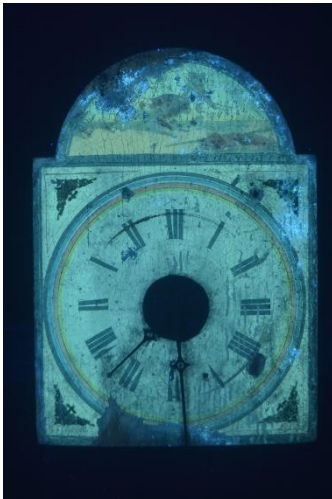


Figura 8. Fotografía con luz UV, destacando las fluorescencias.

El material utilizado ha sido una cámara modelo Nikon D3500 con un objetivo AF-P DX NIKKOR 18-55mm, f/3.5-5.6G, sujeta a un trípode y dos focos de luz continua blanca CROMALITE FOCO LED HPL-1600 / 100. El ajuste del color se ha realizado con el gris de balance de blancos y un fondo neutro. Para otras fotografías se han utilizado 2 focos de luz ultravioleta Focos de luz negra 20W.

Además de las fotos generales y de detalle realizadas mediante luz visible, hemos realizado otras con luz ultravioleta. La luz ultravioleta (Figura 8) provoca fluorescencias en ciertos materiales, pudiendo darnos diferente información, así como la presencia de aglutinantes de origen orgánico, sales o de repintes²². Esto último es debido a que la fluorescencia cambia conforme los materiales envejecen. En lo que se refiere a las fotografías realizadas en esta obra, la zona que ha mostrado más fluorescencia ha sido la esquina superior derecha y parte de la zona izquierda del arco, donde la película pictórica se encuentra más pulverulentas.

²² VVAA. *El mueble. Conservación y restauración*, Ed. Nerea, S.A, 2013, p.98



Figura 9. A) Material a usar en la elaboración de estratigrafías. B) cubiteras donde se hicieron las muestras.



Figura 10. Lijado y pulido de las muestras con una lija eléctrica.

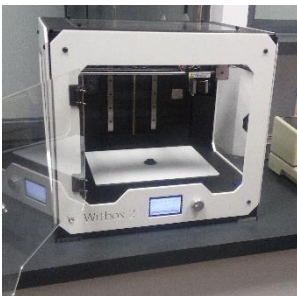


Figura 11. Impresora 3D Witbox 2

ESTRATIGRAFÍAS

La elaboración de estratigrafías forma parte de los estudios previos que se han realizado. Las estratigrafías consisten en realizar una toma de muestra de la capa pictórica para poder observar los estratos presentes en ella²³. Para esto se extrajeron 4 muestras de los bordes, que debido al gran nivel de desconsolidación que mostraban, no supuso una agresión a la obra siendo de fácil obtención. Estas muestras se englobaron mediante la utilización de una resina de poliéster para oclusiones, cuya transparencia imita el agua, en este caso Ferpol 1973[®] ya que no amarillea. Se mezcló al 2% con el catalizador F-11, 10ml de resina y 0,2ml de catalizador (Figura 9). Una vez las muestras endurecieron se individualizaron, separándolas con ayuda de una Dremmel[®], y se lijaron y pulieron mediante una lija eléctrica (Figura 10) con diferentes papeles abrasivos de diferentes gramajes, usándolos de mayor a menor hasta obtener una sección de corte perfectamente uniforme para su observación con microscopio óptico sin que se produzcan desenfoques, observando correctamente la sección transversal de la muestra. En este caso, para la observación de las muestras se utilizó una lupa Leica^{®24}

IMPRESIÓN 3D

La impresión 3D consiste en la realización de un modelo 3D en el ordenador que manda los datos a la máquina formando una pieza mediante la superposición de capas de material. En este caso se ha utilizado una Witbox 2[®] (Figura 11). En este modelo hay que regular la base para que quede paralela a la bobina. El extrusor impulsa el filamento de plástico a través del *hot-end* donde se funde y es depositado en la superficie nivelada, formando con sucesivas capas de este filamento el volumen del o de los objetos.²⁵

²³ BARROS GARCÍA, Jose Manuel. *Imágenes y sedimentos. La limpieza en la conservación del patrimonio pictórico*. Ed. Col·lecció formes plàstiques, 2005, p.132

²⁴ Leica Microsystems, fabrica microscopios Leica que incluyen modelos compuestos, estéreo y digitales. Son líderes en el diseño y producción global de sistemas ópticos de alta tecnología y precisión para el análisis de microestructuras.

²⁵ Witbox 2 [en línea]. Disponible en: <<https://www.bq.com/es/witbox-2>>

4. ESTUDIO TÉCNICO

La obra intervenida es un reloj tipo ratera modelo *lackschilduhr* del siglo XIX, adquirida en el rastro de Valencia, sito en la avenida de Suecia, el 8 de noviembre de 2018. La caja es de madera y presenta una tabla policromada en primer plano. La decoración hace referencia al tema de la tauromaquia.

4.1. ARMAZÓN

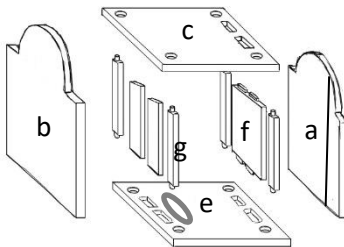


Figura 12. Desglose de piezas que conforman el armazón

La madera es el soporte principal de esta obra. En este caso parece haberse utilizado madera de conífera, ya que es una madera blanda y bastante porosa, posiblemente abeto o pino. Por el contrario la madera frondosa es poco porosa y resulta difícilmente impregnable. Está compuesto de un total de 11 piezas (Figura 12). La tabla (a) está formada por dos piezas: la primera con una altura máxima de 31'5cm y 6'3cm de ancho, mientras que la segunda mide 17'5cm de ancho y 32'5cm de alto. En total esta tabla tiene unas dimensiones de 32'5cm de alto y 24cm de ancho.

La tabla trasera (b) es de dimensiones más reducidas: de 22'5cm de altura máxima, 15'2cm de ancho y 0'6cm de espesor. La tapa superior (c) e inferior (e) miden ambas 15x11cm y 1'2cm de espesor. La tapa inferior contiene, a diferencia de la superior, los agujeros correspondientes a la posición del **péndulo** y las pesas.

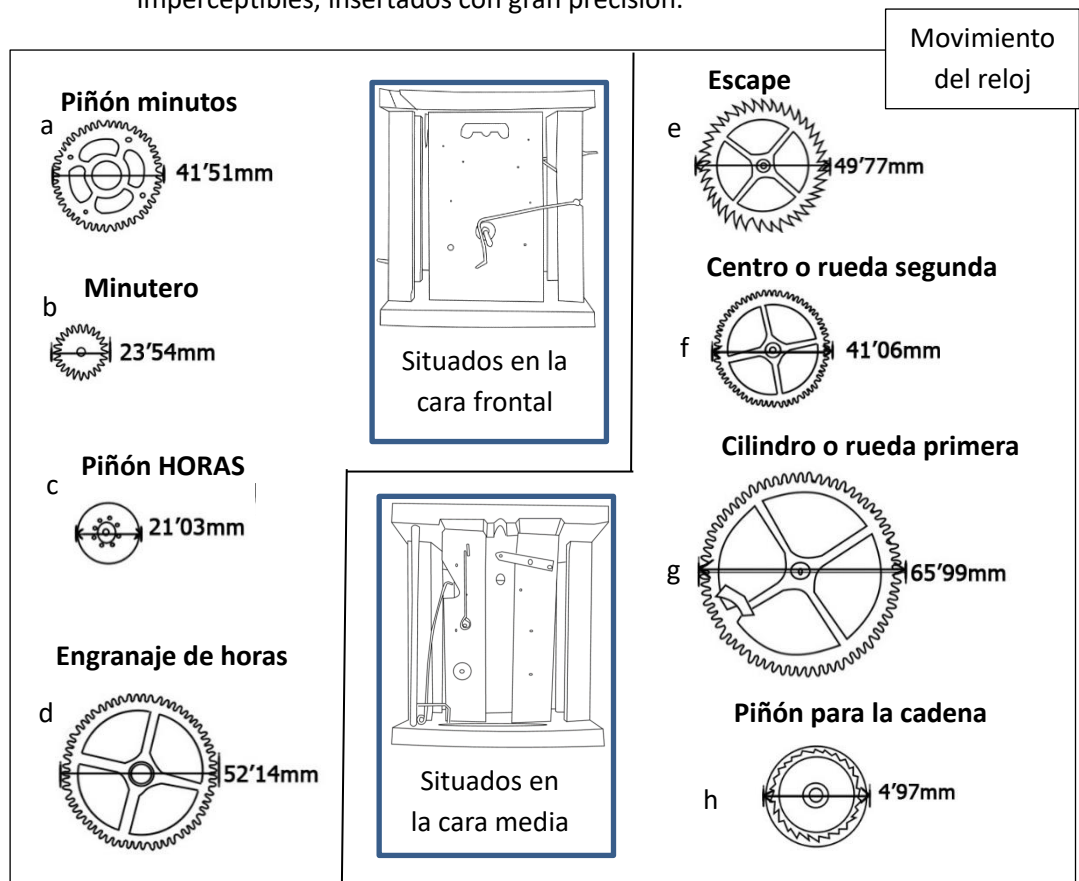
Aparte de estas cuatro piezas que componen la estructura externa del armazón, éste contiene tres piezas más en su interior correspondientes a dos paredes internas que sujetan la maquinaria. Una de las paredes, la más próxima a la tabla policromada (f), es de 14'6cm de alto, 8'6cm de ancho y 0'7cm de espesor. Por último, hay 4 columnas (g) una a cada lado de las dos paredes internas, cuyas medidas son 14'6cm de alto, 1'8cm de ancho y 1cm de espesor.

Visualmente, el corte de estas maderas parece estar realizado mecánicamente con una sierra dentada y se trata de un corte tangencial, es decir, en la dirección de los anillos anulares. La dirección de la fibra es vertical, lo que implica que la madera al romper lo haría en esa dirección. La tabla policromada y sus dos piezas están ensambladas a unión viva, mientras que la estructura exterior del armazón une las piezas mediante clavado y las paredes internas mediante ensamble de caja y espiga. A primera vista no parece mostrar inscripciones, sellos, ni etiquetas.

4.2. MAQUINARIA

La maquinaria interna de esta obra está realizada en metal: acero y cobre o aleaciones a partir de ellos. El mecanismo consta de dos **agujas** que marcan las horas y los minutos y una serie de engranajes. En este caso, en el despiece encontramos 13 ruedas, algunas unidas a otras piezas como los **piñones**; el **escape**, que consta de 42 dientes y tiene un diámetro de 49'77mm; el **cilindro** de 65'99mm y 70 dientes; dos ruedas gemelas que sirven de piñones para las cadenas de 40'97 mm y 26 dientes cada una; la rueda que canta las horas o **contadera**, con 90 dientes y 63'74mm de diámetro; el **piñón** de las horas, de 21'03mm; el minuterero, de 23'54mm y 24 dientes; el engranaje que mueve la aguja de las horas, que es de 52'14mm y 60 dientes; y el resto de los engranajes, que son de 58'68mm y 60 dientes, 41'06mm y 60 dientes, 41'51mm y 48 dientes, 57'65mm y 70 dientes y 51'05mm y 70 dientes. Todo esto forma dos mecanismos diferenciados: el de la **sonería** y el mecanismo que lo mantiene en movimiento (Figura 13).

En la maquinaria también encontramos el **venterol**, que mide 51mm de largo con dos aspas de 18mm de ancho y 26mm de largo, y el **ancora**, soldada a una varilla metálica alargada de 120mm. Para que los ejes metálicos no giren directamente sobre la madera tiene unos pequeños **cojinetes** de bronce, casi imperceptibles, insertados con gran precisión.



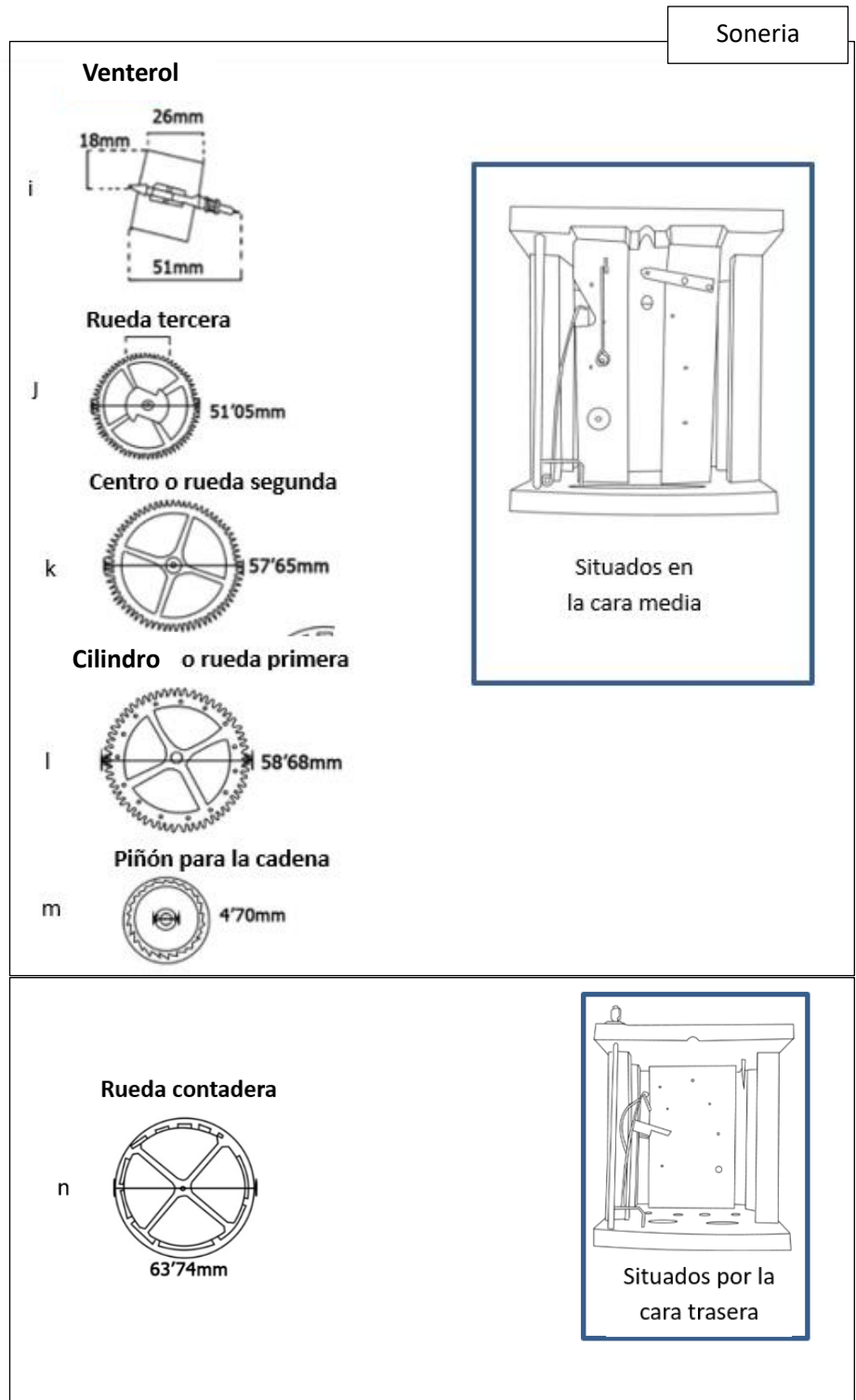


Figura 13. Croquis del tren de engranajes de los 2 mecanismos:

Movimiento del reloj. a) piñón de minutos, b) minuter, c) rueda horaria, d) engranaje de las horas, e) escape, f) centro o rueda segunda, g) cilindro o rueda primera, h) piñón para la cadena.

Sonería. i) venterol, j) rueda tercera, k) rueda segunda, l) cilindro o rueda primera, m) piñón de la cadena, n) rueda contadera.

4.3. CAPA PICTÓRICA

Las estratigrafías realizadas sugieren que el estrato de policromía está compuesto por 3 estratos: una fina capa de película pictórica, una preparación blanca de diferente espesor y un estuco más oscuro, probablemente para nivelar la superficie. (Figura 14).

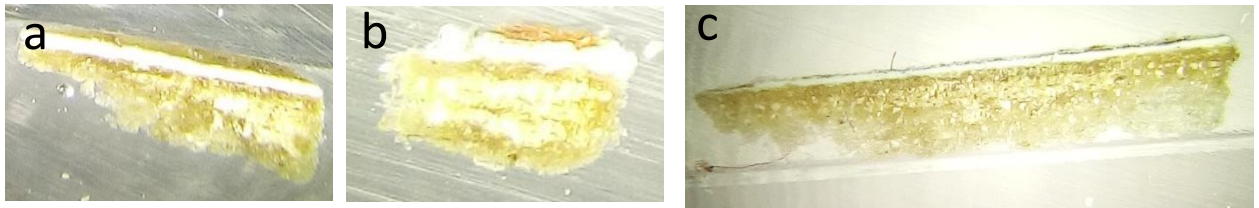


Figura 14 (a, b, c). Vista al microscopio de las secciones estratigráficas (25x).

La capa pictórica se encuentra sobre una preparación que, a primera vista, parece una imprimación de yeso. Las capas subyacentes son de un color grisáceo oscuro. El grosor de la preparación es considerable, alrededor de 2mm. La capa superior entre la preparación y la capa pictórica es totalmente blanca.

La técnica empleada en estos modelos suele ser una combinación de pintura y calcomanía, muy usada en el siglo XIX. Normalmente la pintura se usaba en el fondo y el resto de motivos ornamentales se realizaban mediante la transferencia de tintas en un papel preparado a un soporte. Esto justificaría la inexactitud de los colores sobre el dibujo de la decoración situada en las esquinas y la falta de texturas. Esta película no llega al medio milímetro de espesor, por lo que es muy fina y no se aprecia ningún dibujo subyacente (Figura 15).

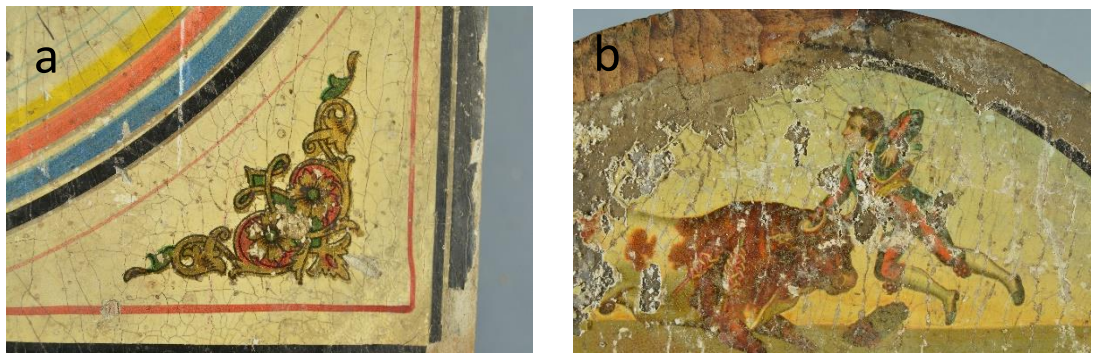


Figura 15. a) Detalle de motivo lateral, se puede ver parte de la preparación. b) Detalle de la preparación vista en la zona superior de la tabla

5. ESTADO DE CONSERVACIÓN

5.1. ARMAZÓN



Figura 16. Detalle de la rotura del extremo derecho inferior de la tabla trasera producida por un clavo

En el armazón se aprecia alguna araña en la parte interna. Aparte de esto no muestra signos de ataques biológicos agresivos como los insectos xilófagos, probablemente por haber sido prevenido mediante el uso de petróleo, cuyos restos están presentes en el interior del armazón pues se usaba como lubricante y antioxidante (por lo que no es raro encontrarlo en grandes cantidades) y que tendría una acción repelente. En general las piezas muestran ligeros alabeos, siendo el de la tabla policromada un alabeo convexo mucho más pronunciado que el de los otros. El armazón no muestra defectos en las juntas, aunque debido a los ya mencionados alabeos las paredes internas de la caja presentan dificultades para ser encajadas con las otras piezas.

La tabla trasera muestra en el extremo inferior derecho una rotura debida a la presión del clavo en esta zona (Figura 16). El resto de clavos también han provocado grietas de dirección vertical. El armazón presenta más suciedad en el interior que en el exterior, ya que el petróleo mencionado anteriormente ha funcionado de captor de suciedad y polvo, aparte de la grasa característica del mecanismo de estos objetos. No parece haber presencia de intervenciones anteriores. No se conservan los laterales del armazón.

5.2. MAQUINARIA

Las piezas del mecanismo interno no están muy deterioradas. Ninguna ha perdido los dientes de los engranajes ni la forma. Tal y como se observa en los croquis de daños realizados (figura 17), la parte realizada en hierro muestra óxidos de hierro, magnetita en las zonas más ennegrecidas, goetita, hematita y limonita, esta última solo se da en un caso muy puntual y en muy baja cantidad. Buena parte de las piezas de bronce muestran manchas tanto de cuprita como malaquita y otras muy puntuales de tenorita. Aunque estas no son excesivamente perjudiciales hay determinadas piezas que presentan otras manchas de color azul verdoso correspondiente a cloruro, siendo estas perjudiciales. Su brillo varía según el nivel de hidratación que presentan y aunque no hayan afectado al estado de la maquinaria sí puede hacerlo en un futuro. La decoración central, que hace contacto con la capa pictórica y sobre la que van situadas las **manecillas**, es la única que muestra deformaciones, por lo que en caso de haber podido poner en marcha el mecanismo, no habría permitido el paso de las **manecillas**. Todas las piezas de la maquinaria permanecen íntegras, salvo las pesas y el **péndulo** y, en lo que a sonería se refiere, la campana que han desaparecido.

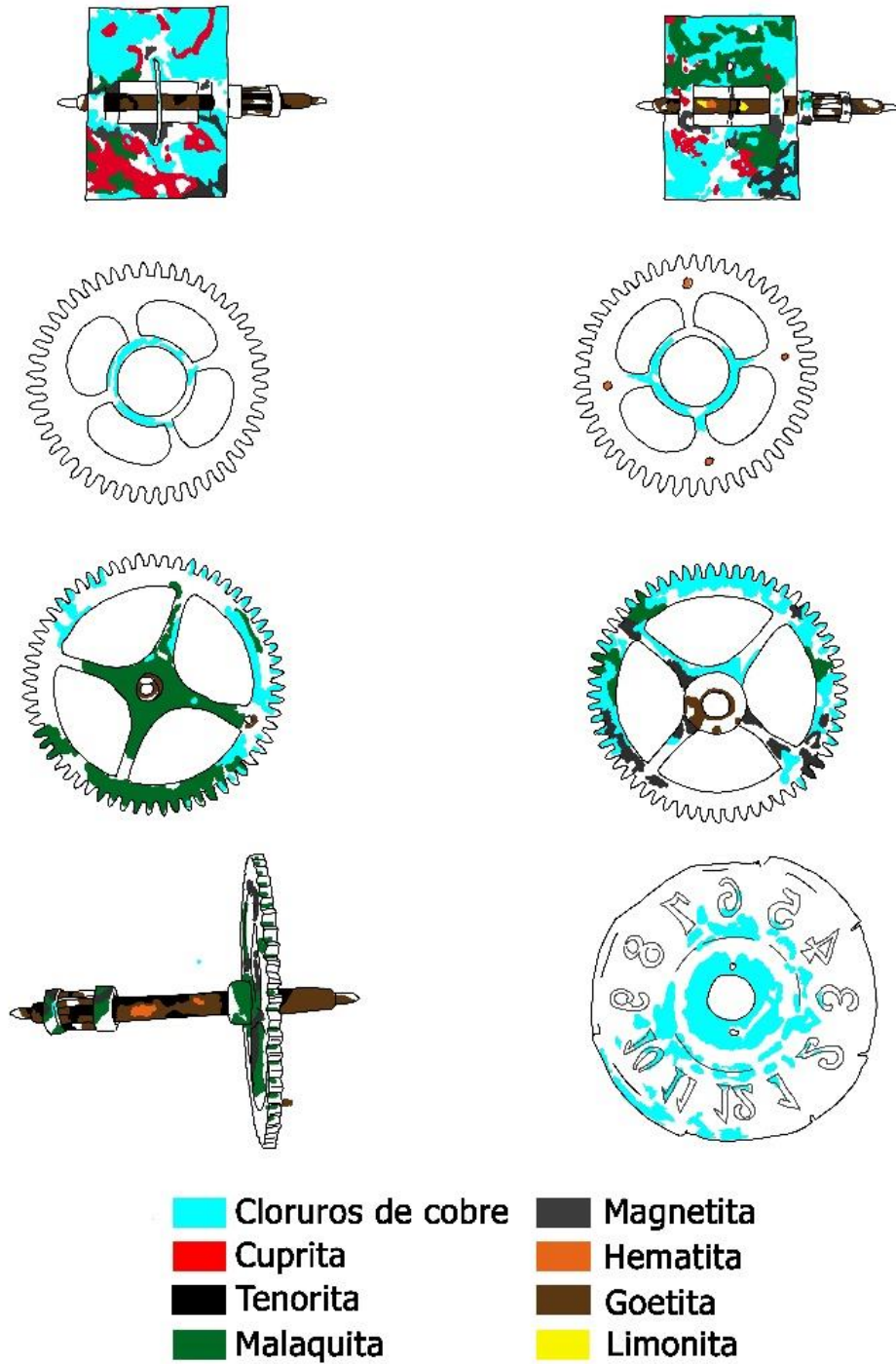


Figura 17. Croquis de daños de la maquinaria

5.3. CAPA PICTÓRICA








Perdida de película pictórica	
Perdida de película pictórica + imprimación	
Craqueladuras	
Pulverulencias	
Manchas	

Figura 19. Croquis de daños de la capa pictórica

El estudio del estado de conservación de la superficie pictórica revela la presencia de craqueladuras y áreas deconsolidadas, siendo evidentes algunas pérdidas de la capa pictórica y preparación en forma de lagunas de diferentes tamaños, las más significativas en la parte inferior de la tabla y en la parte superior de la semiesfera (Figura 18). Las lagunas también se encuentran en las zonas con presencia de clavos que han provocado su desprendimiento.

La observación también pone de relieve la pulverulencia de la capa pictórica, así como descohesión de estratos en zonas localizadas, aunque bastante ocultas debido al deterioro y a la suciedad presentes en la capa pictórica. También se observan manchas puntuales, siendo la más llamativa la oxidación producida por las **agujas** metálicas. Toda la superficie presenta depósitos de polvo acumulado (Figura 19).

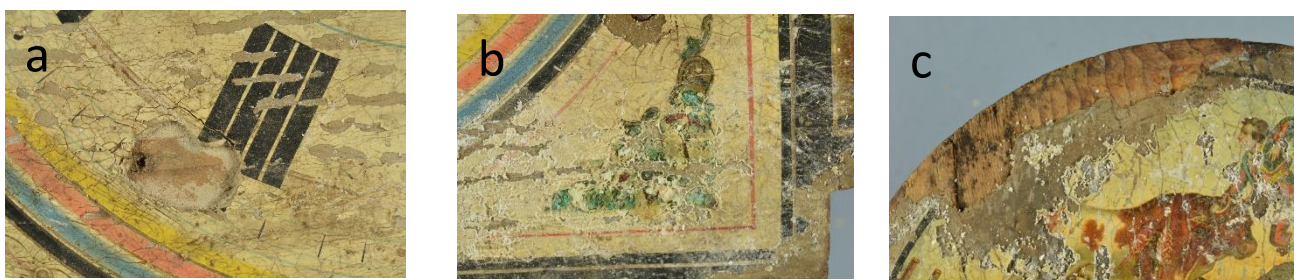


Figura 18. Detalles de diferentes patologías. a) Pérdidas de capa pictórica y preparación; b) Pulverulencia de los estratos pictóricos de la esquina superior derecha; c) Detalle de la parte superior donde confluyen todas las patologías: desprendimiento de capa pictórica y preparación, pulverulencia y suciedad superficial

6. TRATAMIENTO DE INTERVENCIÓN

La intervención documentada a continuación corresponde a cada una de las fases realizadas.

6.1. DESMONTAJE

Lo primero que se ha realizado tras los estudios previos ha sido el desmontaje del reloj. Para ello se ha retirado la tuerca que fijaba las **manecillas** del reloj. Tras retirarlas se pudo separar también la tabla frontal policromada que ya estaba muy suelta en comparación con el resto de piezas de madera. Se ha retirado la tabla trasera y cada uno de los engranajes. Sin embargo, por la dificultad e imposibilidad de realizarlo sin provocar daños irreparables en el reloj, se ha optado por no desmontar el armazón entero (Figura 20)

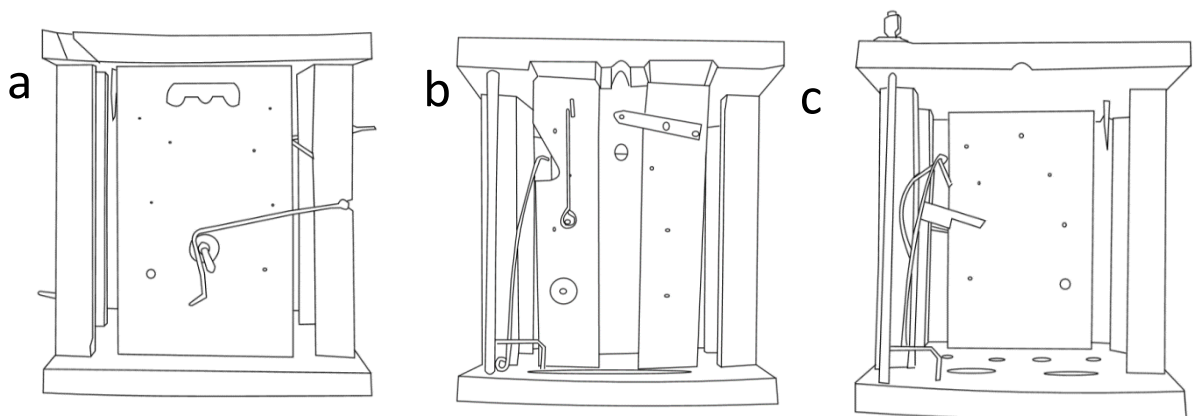


Figura 20. Croquis de las diferentes caras del armazón desprovisto de la maquinaria. a) Cara frontal, b) Reverso con las dos piezas desmontables colocadas en su ubicación, c) reverso sin las piezas mencionadas en el anterior

6.2.1. ARMAZÓN

El armazón, como ya se ha mencionado anteriormente, se caracteriza por el cúmulo de suciedad que presenta (Figura 21). En este caso polvo, grasa y trazas de petróleo para prevenir la aparición de insectos xilófagos. Debido a que son esencialmente sustancias grasas se encuentran mayoritariamente dentro de las familias de lípidos y por este motivo para su limpieza se optó por el uso de alcohol en una disolución al 50% en agua destilada. En cuanto al petróleo se englobaría dentro de la familia de material

bituminoso que, en cualquier caso y tras comprobar el triángulo de Teas, también resulta soluble en Etanol (Figura 22).

El etanol es bastante volátil, de una retención media y por tanto poco penetrante. La limpieza del armazón se ha llevado a cabo con ayuda de este disolvente y un hisopo siguiendo la dirección de la veta. La madera resultante se encontraba en buen estado.

Una vez limpia toda la madera y tras un periodo adecuado de evaporación se ha aplicado cera microcristalina para nutrir y proteger la madera. La cera microcristalina está preparada a una concentración 1:1 en isooctano y ha sido aplicada con una muñequilla de algodón.



Figura 21. Armazón antes de la limpieza



Figura 22. Detalles comparativos del antes y después de diferentes partes del armazón durante la limpieza.

6.2.2. MAQUINARIA

La restauración de la maquinaria no ha diferido mucho de la restauración de la caja debido a que también se trataba, casi exclusivamente, de suciedad y polvo adherido. Tanto éstos como los diferentes productos de corrosión se han retirado mediante el uso de etanol. Aquellas piezas que tan sólo mostraban suciedad adherida se limpiaron fácilmente con ayuda tan solo de un suave cepillado, aunque para las que mostraban productos de corrosión más resistentes se precisó también de la ayuda del bisturí (Figura 23).

En cuanto a los cloruros de cobre se han eliminado de la misma manera que los otros productos de corrosión, es decir, mediante el empleo de etanol. Sin embargo, aunque estos aparecen debido al exceso de humedad, al cambiar las condiciones y no estar expuesta no deberían reaparecer. Se ha prevenido aplicando ácido tánico.



Figura 23. Detalles comparativos del antes y el después de diferentes piezas de la maquinaria durante la limpieza

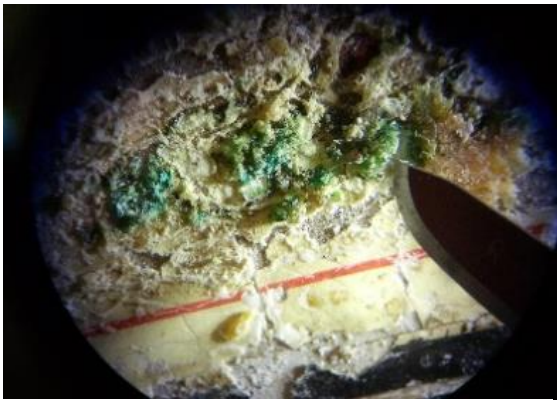


Figura 25. Detalles comparativos del antes y el después de diferentes piezas de la maquinaria durante la limpieza vista al microscopio.

6.2.3. CAPA PICTÓRICA

La tabla policromada ha tenido 3 fases: Limpieza de la capa pictórica, consolidación y limpieza del reverso y de la madera vista en las lagunas que, al igual que el armazón, presentaba polvo y suciedad adherida. Para la fase de limpieza de la capa pictórica se ha medido el pH de ésta, siendo el pH 7'2. Se ha preparado un gel viscoso de éter de celulosa y Klucel G® a un pH 7'2 (a partir de una solución de hidróxido de sodio 1M y tamponada con ácido ortofosfórico hasta alcanzar el pH), que ha sido aplicado con ayuda de un hisopo hasta limpiar toda la superficie (Figura 24). El aclarado para la eliminación del residuo con gel se realizó con la misma solución acuosa tamponada. Ciertas zonas han debido de ser eliminadas con la ayuda de un bisturí y bajo microscopio ya que la capa pictórica pulverulenta se había apelmazado (Figura 25). Debido debilitamiento que presentaba la película pictórica en ciertas zonas, la limpieza no ha sido total en los bordes problemáticos.

Una vez que el proceso de limpieza de la capa pictórica ha finalizado se ha llevado a cabo el proceso de consolidación. Para esto se ha usado una solución de alga funori en agua destilada (10% w/w) y, tras calentarla y tamizarla (Figura 26), se ha aplicado a través de un papel japonés de 12g/m² sobre la capa pictórica con ayuda de un pincel, desde el centro a los extremos para la evitar la aparición de arrugas y burbujas. A continuación, se ha aplicado calor moderado con la ayuda de una espátula caliente, interponiendo un film de poliéster siliconado hasta que ha quedado totalmente adherido con el fin de acelerar el proceso de secado de la superficie tratada.



Figura 26. Preparación del alga Funori para la consolidación

La última fase ha sido la limpieza trasera de la tabla, que al ser del mismo material que el armazón, también se ha efectuado con la ayuda de etanol y un hisopo (Figura 27). Del mismo modo se ha aplicado en la madera la misma cera microcristalina usada en el armazón.



Figura 24. Limpieza de la película pictórica. a) Detalle del proceso de limpieza. b) Comparación antes y el después de la limpieza de la capa pictórica.



Figura 27. Detalles comparativos del antes, durante y después de la limpieza en la dirección de la beta del reverso de la tabla policromada.

6.3. MONTAJE

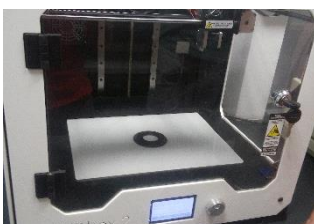


Figura 28. Realización una de las piezas en la impresora 3D

El montaje del reloj se ha efectuado en orden inverso al desmontaje. Durante el mismo se percibió que una de las piezas de madera, concretamente una arandela o **cojinete** cuya finalidad era separar una de las piezas del contacto directo con la caja, estaba rota. Para solucionar esto se realizó una pieza que cumpliera con esta función mediante una impresora 3D (Figura 28). Lo mismo se ha realizado con la base perdida de la decoración del despertador. Ambas piezas se diferencian claramente de las originales y no influyen en el funcionamiento del reloj, a diferencia de los engranajes (Figura 29). La segunda pieza fue un

injerto de la superficie faltante de la pieza original, que se ajustó a esta superficie con ayuda de la masilla Quilosa Lite plast® que es maleable y fácil de retirar en caso de querer revertir el proceso (figura 30).

Para fijar la tabla a la caja sin necesidad de usar clavos nuevos, diferentes de los originales, y no realizar tampoco nuevas perforaciones a la madera o policromía se ha optado por el uso de unos imanes de disco de neodimio de 19 x 19 x 3mm. Esto permite la sujeción de las dos partes pudiendo retirarse sin realizar cambios ni modificaciones irreversibles en la superficie de la obra (Figura 31).



Figura 29. Diferenciación por color de las piezas originales, en este caso el cojinete.



Figura 30. Resultado del Injerto 3D de la superficie faltante

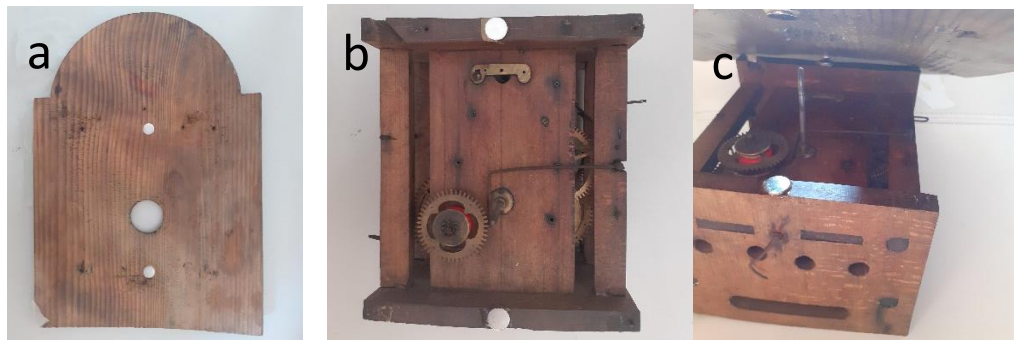


Figura 31. Ubicación de los discos de neodimio. a) En el reverso de la tabla, b) En el armazón c) Colocación de ambos



Figura 32. Los materiales que se tuvieron en cuenta. a) torcida, susceptible a la deformación, b) excesivamente ancho, c) opción final varilla roscada de 3mm reforzada con una cánula de 4mm

A continuación, al no haberse conservado la **péndola**, se ha procedido a su fabricación. La elección de materiales ha sido modificada debido a los inconvenientes en la localización de los materiales adecuados, tanto de forma como de resistencia. En un principio se optó por una varilla roscada de 4mm, de latón, de un metro de largo. Debido a esa longitud el material se curvaba, era demasiado fina y susceptible a la deformación. Se intentó endurecer con ayuda de un soplete, calentándola y enfriándola con agua a continuación. Este método de endurecimiento no resultó efectivo. Una de las características de la **péndola** es que para su correcto funcionamiento debe estar completamente recta. Así que este material tuvo que ser descartado.

Para que la oscilación del **péndulo** marque los segundos de forma constante se ve condicionado a medir 1 metro de largo. Para la realización de este péndulo se optó por otro montaje parecido, donde la varilla roscada es bastante más gruesa a fin de prevenir la curvatura, añadiéndose un peso, en este caso realizado con una chapa de madera. El peso necesario se encuentra detrás de esta chapa. Debido a que este modelo era demasiado grueso, se ha realizado otro compatible con el reloj (Figura 32). Se ha optado por una varilla roscada de acero de 3mm y se ha introducido para evitar la deformación en una cánula de latón de 4mm para darle más rigidez (Figura 33).

Para que la **péndola** pueda ser colocada en su lugar se le ha realizado una pequeña muesca diagonal ascendente por la que se enganche sin necesidad de fijarla de ninguna forma, ya que dificultaría el movimiento, tal y como estaba dispuesto originariamente (Figura 34).



Figura 33. Detalle de la varilla roscada de 3mm en el interior de la cánula de 4mm

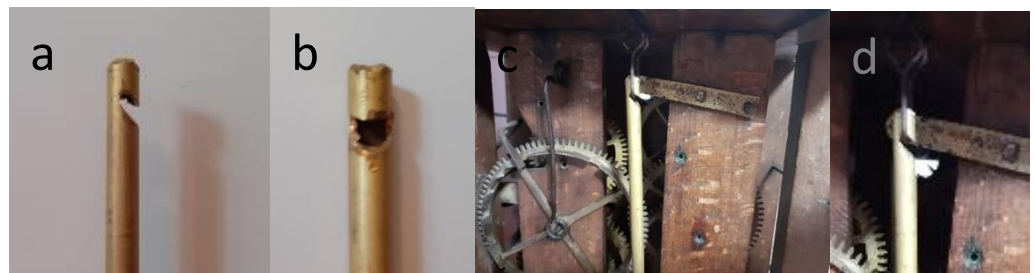


Figura 34. Detalles del enganche de la péndola. a) Perfil de la muesca, b) Vista frontal, c y d) Colocación de la péndola en el interior del reloj.



Figura 35. Ejemplo de bob o lenteja común



Figura 36. Muestra de la polvera que servirá de péndulo abierta



Figura 37. El peso faltante se le ha añadido con yeso dejando libre la parte que será ocupada por el péndulo con una muesca en cada extremo.



Figura 39. Realización de las pesas con cemento, con el enganche ya puesto

El peso de la **péndola**, comúnmente utilizado denominado “bob” o lenteja en castellano, es como el representado en la figura de la izquierda (Figura 35). En este caso, a falta de la pieza original, se ha fabricado uno de plástico con una polvera. El requisito para que el peso sea eficaz es que pese más que la varilla. El elemento elegido se puede abrir y es hueco (Figura 36), por se ha rellenado con yeso, proporcionándole el peso necesario. En el péndulo ideal la varilla no tiene peso y la lenteja es una masa puntual. Para poder ajustarlo a la varilla ha habido que efectuar unas pequeñas muescas al elemento elegido como lenteja (Figura 37). Se fija con una tuerca que gracias a la varilla roscada permite regular la altura (Figura 38).

En cuanto a las pesas que penden de las cadenas, al no permanecer las originales, se han realizado con cemento (Figura 39). La pesa debe pesar entre 1'3kg y 1'5kg, siendo preferible el segundo. La decisión de realizarlos en cemento se fundamenta en el hecho de que este material tiene una elevada densidad. Para ello se han utilizado dos recipientes con una capacidad de 500g. Al añadirle el cemento y una vez seco su peso ha subido a 1'35kg por lo que se ha decidido dejar el recipiente que hace de molde y que tiene un peso propio de 230g.

Las cadenas han llevado el mismo proceso de limpieza que los metales. Una vez limpias se han colocado de nuevo en su sitio. Se les ha añadido la pesa a la que previamente a su endurecimiento se le había insertado un enganche (Figura 40). Estas pesas se sitúan en cada extremo exterior, colocando en el interior un tope para evitar su desacoplamiento cuando llegue a su límite. Estos extremos, sin embargo, son los originales (Figura 41).



Figura 38. Imagen final del péndulo



Figura 41. Topes originales del extremo de las cadenas interiores



Figura 42. Tapas de plástico



Figura 43. Tapa de plástico acoplada al armazón

Las tapas laterales del armazón del reloj, también perdidas, se pensó realizarlas, en un principio, con metacrilato, pero debido a que es un material demasiado caro y difícil de conseguir en pequeñas cantidades se ha optado por una lámina de plástico a la que se le ha dado la forma que se requería. Su transparencia deja ver el mecanismo interno tal y como lo encontramos nosotros, cumpliendo su función de evitar la entrada de polvo en su interior (Figura 42). Las tapas se han realizado con la misma morfología que las originales, es decir, dos puertas con tres enganches cada una, de los cuales dos se enganchan a la tabla trasera y uno al primer pilar del interior (Figura 43).

Tras esto se ha solucionado el soporte donde descansará el peso del reloj. Debido al paso de los años y a su propio peso se ha deformado, curvándose la base del armazón y perdiéndose la alineación de la forma original. La idea del soporte también es que ayude a corregir dicha deformación debido a que el mismo peso que la ha deformado permite que vuelva a su forma original progresivamente.

Para ello se ha realizado un soporte en forma de "L" con los orificios correspondientes a la **péndola** y a las pesas, sobre el cual descansará el reloj. De esta forma todo el peso no descargará sobre la tabla trasera sino sobre el soporte. La idea inicial era realizar dicho soporte en metacrilato, pero debido al ya mencionado inconveniente de su alto coste y a que no se



Figura 40. Pesas de cemento colocados

ha podido acceder a materiales debido a la cuarentena, finalmente se ha realizado en madera con algunas diferencias de la idea inicial (Figura 44), pero manteniendo su función sustentante. Se realizaron dos pruebas de materiales: uno en un soporte de madera aglomerada y el otro en madera maciza (Figura 45). Se optó por la madera maciza de 2cm de espesor debido a que estéticamente resultaba más integrado, pero el factor decisivo fue que su resistencia es mayor y debe hacer frente a un peso de aproximadamente 5kg.

Una vez marcada la posición de las pesas y la **péndola** se han vaciado estas partes con ayuda de una caladora (Figura 46). Las propias cadenas funcionan de tope para que el reloj no se desacople y la tabla trasera se mantiene unida a la base de forma que en cualquier momento se puede desmontar sin dificultad, tan solo aflojando la tuerca que la une al soporte (Figura 47). De esta manera todo el peso descansa únicamente en dicho soporte (Figura 48).

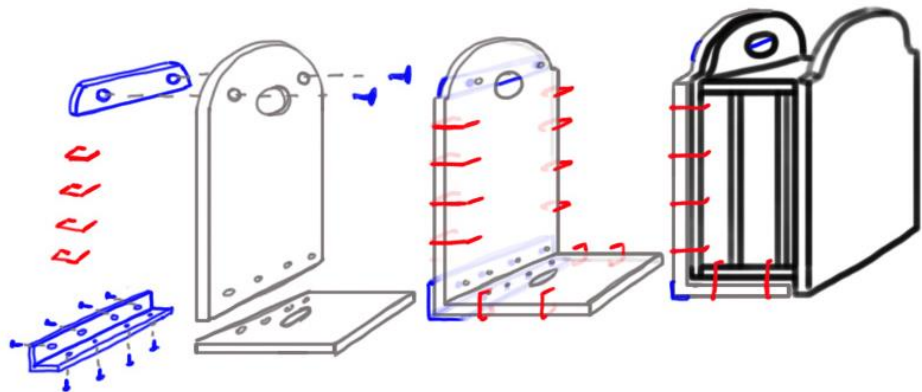


Figura 44. Croquis del montaje de la idea inicial del soporte realizada con metacrilato



Figura 45. Realización del prototipo del soporte en dos materiales distintos, A la izquierda en madera aglomerada y a la derecha en madera maciza



Figura 46. Realizado el vaciado en la madera

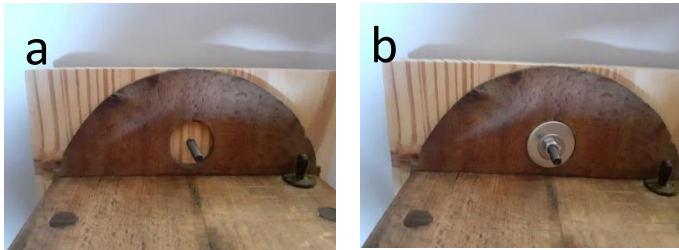


Figura 47. Detalle del acoplamiento de la tabla trasera al soporte:
a) antes de ser acoplado, b) siendo sujeta con la ayuda de una tuerca.



Figura 48. Vista general del reloj acoplado al soporte

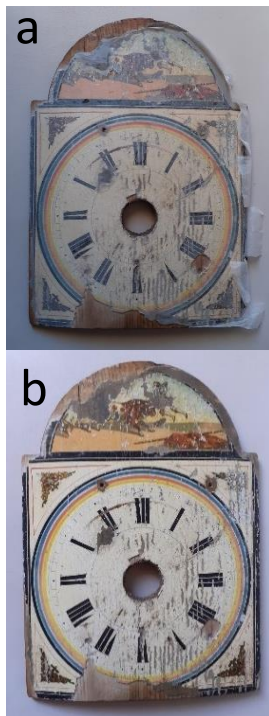


Figura 49. Desprotección de la tabla: a) papel japonés adherido, b) tabla sin la protección

Por último, se ha procedido a la desprotección (Figura 49) de la tabla. Al tratarse de una protección acuosa se ha retirado con la ayuda de un hisopo y agua caliente, aplicando la mínima humedad posible con el fin de no reblandecer la pintura ni el adhesivo consolidante. El papel de protección se ha eliminado en paralelo al plano. No se ha aplicado ningún recubrimiento a la superficie. La tabla policromada ha sido fijada con los imanes de neodimio y, seguidamente, se han colocado el despertador -al que previamente se le había realizado un injerto- y las agujas (Figura 50).



Figura 50. Proyecto finalizado:
a) plano detalle de la tabla, b) Visión general del reloj

7. PROPUESTA DE CONSERVACIÓN PREVENTIVA

Para la conservación de esta pieza una vez situada en su emplazamiento, hay que tener en cuenta que es un objeto funcional, como tal, que hay que darle cuerda cada 24h. Para esto es recomendable seguir las indicaciones y recomendaciones mostradas a continuación.

Para dar cuerda al reloj hay que volver a elevar las pesas -que van descendiendo conforme pasan los minutos y horas-, levantando la pesa con una mano y, simultáneamente, tirando hacia abajo del otro extremo. Si se hace de otro modo podría estropearse fácilmente al forzarse en exceso los engranajes del interior.

Para que el reloj funcione y no se detenga hay que asegurarse de que, una vez colocado en su emplazamiento, esté nivelado. Esto no quiere decir que el exterior se muestre recto sino que la varilla que engancha la **péndola** en el interior del armazón se encuentre nivelada. Para ello se debe poner en marcha el reloj y escuchar la cadencia del tic-tac hasta que éste sea regular. Esto se consigue ajustando la inclinación del reloj. De lo contrario se detendrá.

Para la puesta en hora se debe ajustar el timbre, es decir, el mecanismo de la sonería que habrá de ejecutarse a las horas indicadas. Para ello hay que avanzar el minuterero hasta el próximo lugar donde debe sonar. En el caso de que la campanada corresponda con la hora no hará falta más, pero de lo contrario hay que igualarlas²⁶. En el caso de que el reloj toque las medias horas en lugar de las horas se debe mover el minuterero mientras estas están sonando a la hora. Para ajustar la hora sencillamente hay que moverlas en sentido horario dejando sonar las campanadas cada vez que toquen.

Hay que tener en cuenta que para que el marcaje del **péndulo** del reloj sea correcto y corresponda con cada segundo ha de regularse la longitud de este. Si el reloj se adelanta hay que bajar la lenteja y si se atrasa, lo contrario, subirla.

Cada cierto tiempo (de 1 a 10 años) debe engrasarse para que el mecanismo no se resienta. En caso de no saber hacerlo es recomendable llevarlo a un especialista. La grasa utilizada en nuestro caso es Moebius 8200. Cabe destacar

²⁶ BEX, Pierre. *Puesta en marcha y utilización de los relojes antiguos*. 2008 [Consulta: 14/06/2020] Disponible en: https://www.libertys.com/horl_es.htm

que las medidas de conservación se han tenido en cuenta durante toda la restauración, tanto en la incorporación de tapas perdidas en los laterales para evitar la acumulación de polvo en el interior, como en la elaboración de un soporte para que el armazón no se vea forzado debido a su enorme peso.

Preferiblemente mantener lejos de lugares húmedos para evitar el incremento de probabilidad de reaparición de cloruros en la maquinaria metálica. Debido a su gran cantidad de elementos en madera el reloj debe estar expuesto lo menos posible a cambios bruscos de humedad y temperatura. Así mismo la particularidad de la policromía desaconseja su exposición a niveles lumínicos elevados.

8. CONCLUSIONES

El presente Trabajo Final de Grado presenta el proceso de intervención y refuncionalización de un reloj ratera.

La intervención ha seguido un criterio arqueológico a nivel estético intentando preservar la apariencia original y autenticidad de la obra. En el caso de la tabla, ya que no afectaba a la funcionalidad, se ha procedido con una limpieza y una consolidación para evitar que el deterioro siguiera avanzando, pero no se ha restituido la parte faltante de los estratos pictóricos.

A nivel funcional, las piezas necesarias para su funcionamiento que han debido ser añadidas son claramente diferenciables. En este caso, todas las medidas tomadas para la adición de los nuevos elementos son fácilmente reversibles, pudiendo ser sustituidos o retirados en cualquier momento.

Sin embargo, aunque se ha conseguido reestablecer el funcionamiento del reloj, se ha observado que para un funcionamiento óptimo hubiese sido preferible que las pesas tuvieran unos 200g más, como mínimo. La elección de los materiales de reposición ha estado condicionada por las limitaciones existentes en el momento de realización del presente Trabajo.

9. BIBLIOGRAFÍA

ARMIJO, Leonardo. ¿Cómo funciona un reloj de péndulo?, 2011. Disponible en: notaculturaldeldia.blogspot.com/2011/02/como-funciona-un-reloj-de-pendolo.html

BARROS GARCÍA, Jose Manuel. Imágenes y sedimentos. La limpieza en la conservación del patrimonio pictórico. Ed. Col·lecció formes plàstiques, 2005, ISBN: 84-7822-442-4

BEX, Pierre. Puesta en marcha y utilización de los relojes antiguos. 2008 [Consulta: 14/06/2020] Disponible en: https://www.libertys.com/horl_es.htm

CAUDINE, Alain: La grande horloge. La comtoise au XIX siècle. Les éditions de l'amateur, Paris, 2000, ISBN 10: 2859171363

D. MOON, Francis; D. STEAFEL, Preston. Coexisting chaotic and periodic dynamics in clock escapements, Ed. Springer, 2006, ISBN- 10: 1402055986

Glosario de relojería. Disponible en: <http://www.inforeloj.com/spa/item/ent.html>

GRAF, Johannes. The Black Forest Cuckoo Clock. A Success Story. Boletín de la NAWCC, 2006, ISBN 978-3-8062-2797-0

GOODMAN, Emily. Partes de un reloj de péndulo. Brooklyn, N.Y.: 2017, Disponible en: https://www.ehowenespanol.com/partes-reloj-pendolo-sobre_90875/

GUTIÉRREZ, Miguel. Relojes de la selva negra [en línea] Disponible en: www.geocities.ws/cucoclock/selva.html#Lackschilduhr

HERRERA, Blas. El reloj. 2010. Disponible en: deim.urv.cat/Blas.herrera/reloj2.pdf

HEUER, Peter; MAURICE, Klaus: European Pendulum Clocks: Decorative Instruments of Measuring Time. West Chester, Pensilvania, Schiffer Publishing Ltd., 1988, ISBN 10: 0887401449

HISCOX, Gardner D; HOPKINS, Albert A : El recetario industrial, Ed. Gustavo Gilli, Barcelona, 2007. ISBN: 978-84-252-2937-4

PAWN, Shown. *Que es un reloj de péndulo y como funciona*, Madrid, 2016. Disponible en: <http://www.pawnshop.es/reloj-de-pendolo-que-es-un-como-funciona>

Puesta en marcha de los relojes antiguas. Disponible en: https://www.libertys.com/horl_es.htm

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: *Diccionario de la lengua española*, 23.ª ed., [versión 23.3 en línea]. <https://dle.rae.es>

The british museum. Rooms 38-39 Londres[Consulta: 4/01/2020]Disponible en: <https://www.britishmuseum.org/collection/galleries/clocks-and-watches>

VVAA. *El mueble, Conservación y restauración*, Ed. Nerea S.A., 2013, ISBN: 978-84-89569-10-2.

Witbox 2 [en línea]. Disponible en: <https://www.bq.com/es/witbox-2>

ZURITA, Juan. *Funcionamiento de un reloj mecánico*, 2013. Disponible en: <https://tecnoblogueando.blogspot.com/2013/04/funcionamiento-de-un-reloj-mecanico.html>

10. ANEXOS

ANEXO I. GLOSARIO^{27 28}

Agujas

f. Pieza alargada y generalmente puntiaguda que en el reloj y en otros instrumentos sirve para señalar las horas, los minutos, segundos, grados, etc. Manecillas del reloj, algunos les dicen “saetas”

Áncora

Elemento del escape de áncora que recibe el impulso de esta rueda y lo trasmite al volante. Órgano de impulsión, generalmente de acero. Se compone de dos partes, el áncora y la palanca, a cuyo extremo va la horquilla.

Cadenas

f. Serie de muchos eslabones enlazados entre sí, normalmente metálicos.

Campana

f. Instrumento metálico, generalmente en forma de copa invertida, que suena al ser golpeado por un badajo o por un martillo exterior.

Cilindro

m. Tambor de la máquina del reloj, sobre el cual se enrosca la cuerda.

Cojinete

m. Pieza o conjunto en que se apoya y gira el eje de un mecanismo.

Escape

Dispositivo del reloj mecánico que cuenta y mantiene las oscilaciones del órgano regulador. Mantiene la oscilación del péndulo, proporcionándole regularmente el impulso necesario.

Manecillas

f. Aguja del reloj.

Péndola

f. Varilla o conjunto de varillas metálicas con una lenteja u otro adorno semejante en su parte inferior y que con sus oscilaciones regula el movimiento de los relojes.

Péndulo

m. Cuerpo que oscila suspendido de un punto por un hilo o varilla.

Pesas

f. Pieza de peso suficiente que, colgada de una cuerda, se emplea para dar movimiento a ciertos relojes, como contrapeso para subir y bajar lámparas, etc.

²⁷ Glosario de relojería. [4/06/2020] Disponible en: <http://www.inforeloj.com/spa/item/ent.html>

²⁸ REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: *Diccionario de la lengua española*, 23.ª ed., [4/06/ 2020] [versión 23.3 en línea]. Disponible en: <https://dle.rae.es>.

Piñón

m. Rueda pequeña y dentada que engrana con otra mayor en una máquina.

Polea dentada

f. Mecanismo que consiste en una rueda giratoria dotada de una serie de dientes, en los que se engancha una cadena, y que sirve para mover o levantar cosas pesadas.

Rueda contadera

Consiste en un disco con unas muescas o entallas incisas en su borde, progresivamente separadas en proporción al número de campanadas.

Sonería

f. Dispositivo o mecanismo que hace sonar las horas en un reloj.

Tren de engranajes

Conjunto de ruedas y piñones engranados que llevan el movimiento a la rueda de escape.

Venterol

m. Velea que gira en la parte de atrás del reloj al sonar las horas. Ésta es la que secuencia del tiempo entre una campanada y la siguiente.

ANEXO II- ÍNDICE DE IMÁGENES

Figura 1: Schwarzwälder Lackschilduhren. En: Schwarzwald Typisches. [Consulta 10/01/2019] Disponible en: <https://www.schwarzwald.com/typisch/lackschilduhr.html>

Figura 2, 12,13,17-20, 44: Croquis realizados por la alumna

Figura 3, 7-11, 14-16,18, 21-43, 45-50: Fotografías realizadas por la alumna

Figura 4: GUERRI, Marta. En: división del reloj [Consulta: 4/01/2020] Disponible en: <https://www.psicoactiva.com/puzzlelopedia/dividir-el-reloj-en-tres-partes/>

Figura 5: CASARES, José A. En: El mecanismo de escape[Consulta: 4/01/2020] Disponible en: <http://www.atril.org/calendario/el-mecanismo-de-escape>

Figura 6: Disponible en: <https://www.bckntime.com/kieninger-hs-bell-strike-movement/>

ANEXO III- FICHAS TÉCNICAS DE PRODUCTO

Mèche coton (Muñequilla de algodón)	
Marca	Les anciens ebenistes
Características	No araña las superficies. Esta muñeca de algodón está concebida para la aplicación de todos los productos de limpieza y los productos para abrillantar.

Liteplast	
Marca	Quilosa®
Características	No merma, sirve tanto para interior como exterior. Seca en contacto con el aire. Se puede lijar, tallar e incluso perforar. Preparada para reparar o rellenar grietas, agujeros y desperfectos. Poliéster de oclusiones acelerado. Transparente e incoloro. Permite la oclusión de piezas en el interior de la resina.

Ferpol 1973	
Marca	Feroce®
Características	Poliéster de oclusiones acelerado. Transparente e incoloro. Permite la oclusión de piezas en el interior de la resina.

Klucel G	
Marca	CTS
Características	Hidroxipropilcelulosa no iónica soluble en agua y en la mayor parte de disolventes orgánicos polares, insoluble en muchos disolventes orgánicos apolares, compatible con las gomas naturales, los almidones y las emulsiones acrílicas y vinílicas. No contiene plastificantes y es reversible en agua después del secado. Se emplea para el fijado de pinturas, también pastel y sobre todo como adhesivo para materiales de papel. Se puede utilizar también como condensante para preparar gel a base de alcohol e hidroalcohólicos, en concentraciones del 3 - 5%.

Cera microcristalina	
Marca	CTS
Características	<p>Cera microcristalina soluble en hidrocarburos alifáticos y aromáticos, utilizada como protector para mármol, piedra, madera y metales, sobre los cuales forma una película resistente y flexible.</p> <p>Aspecto: gotas blancas</p> <p>Punto de fusión: 83° - 94°C</p> <p>Viscosidad: 8,5 - 12,5 cps (a 120°C)</p>

Moebius 8200	
Marca	Moebius Swiss made
Características	<p>Para lubricación de los resortes y otros móviles lentos con grande superficie de frotamiento en particular. Buena untuosidad debido a su natura trixotrópica</p> <p>Aspecto: Amarillo</p> <p>Consistencia normal a 20°C</p> <p>Temperatura límite inferior entre -10°C</p> <p>Temperatura límite superior de 80° pero a partir de 40°C su comportamiento es como aceite.</p>

Ácido orto-fosfórico	
Marca	CTS
Características	<p>Producto químico de laboratorio de uso analítico y como materia prima. Sustancia intermedia de preparados. Usos identificados en la industria como tratamiento de superficies o revestimiento o con otros fines.</p> <p>Aspecto: liquido (viscoso), incoloro e inodoro</p> <p>Hidrosolubilidad miscible en cualquier proporción.</p>

Ácido tánico	
Marca	CTS
Características	<p>Polvo ligero, amorfo, blanco-amarillento o ligeramente pardo o placas brillantes. Muy soluble en agua, fácilmente soluble en acetona, en etanol al 96% y en glicerol al 85%, prácticamente insoluble en cloruro de metileno.</p> <p>Punto de fusión: 210-215°C (desc.)</p>

Alga funori	
Marca	CTS
Características	El funori en polvo es un polisacárido natural extraído de algas rojas, que se utiliza en Japón desde hace siglos, y hoy es utilizado principalmente como consolidante de papel dañado y telas despolimerizadas, o como fijador de capas pictóricas despegadas y con tendencia a la formación de polvo. Es muy apreciada su característica de mínimo impacto cromático, con efecto final opaco.

Isooctano	
Marca	CTS
Características	Producto químico de laboratorio de uso analítico y como materia prima. Aspecto: líquido (fluido), incoloro y olor similar a la gasolina. Densidad (gr/cm ³ a 20°C): 0,69 Punto de ebullición (°C): 99 Punto de inflamabilidad (°C): -12

Imanes de neodimio	
Marca	Aiman Gz
Características	Diámetro 1 cm Grosor 0,15 cm Peso 0,76 gr. Magnetización Axial Grado Gauss Fuerza sujeción 1 Kg Temperatura máx. 80 °C

Etanol	
Marca	CTS
Características	Líquido transparente, con olor característico parecido al éter. Punto de ebullición: 79°C. Punto de fusión: -117°C Densidad relativa (agua = 1): 0.8 Solubilidad en agua: Miscible

ANEXO IV- MATERIAL FOTOGRÁFICO COMPLEMENTARIO

FOTOGRAFÍAS GENERALES



Imagen general frontal



Imagen general de la trasera



Lateral izquierdo



Lateral derecho

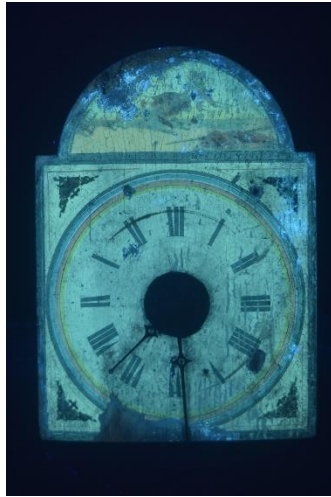


Vista cenital



Vista de la base

FOTOGRAFÍAS ULTRAVIOLETA



Vista frontal



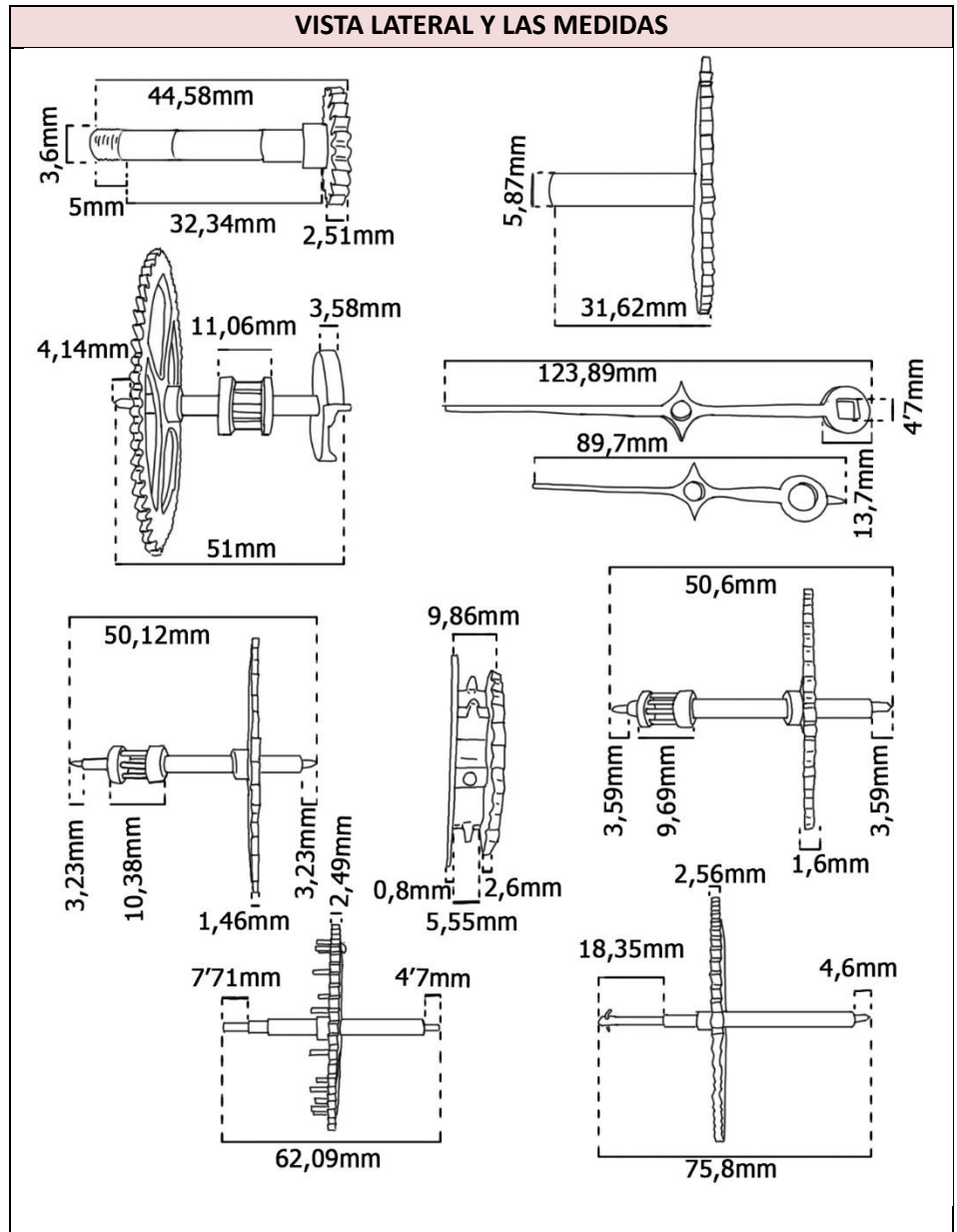
Vista trasera



Lateral izquierdo



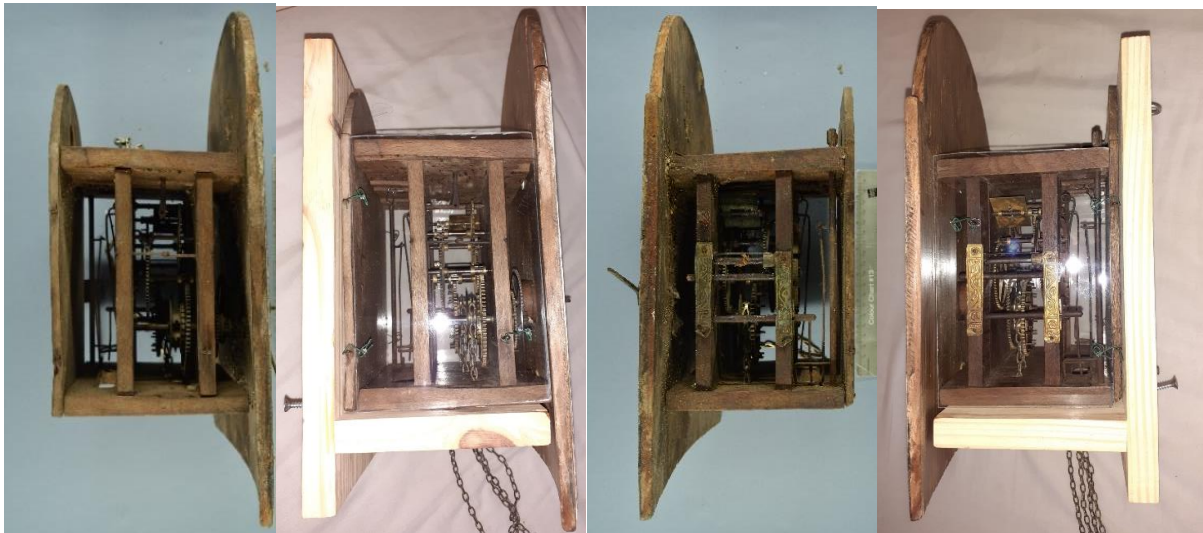
Lateral derecho



EJEMPLO DE UNAS PESAS

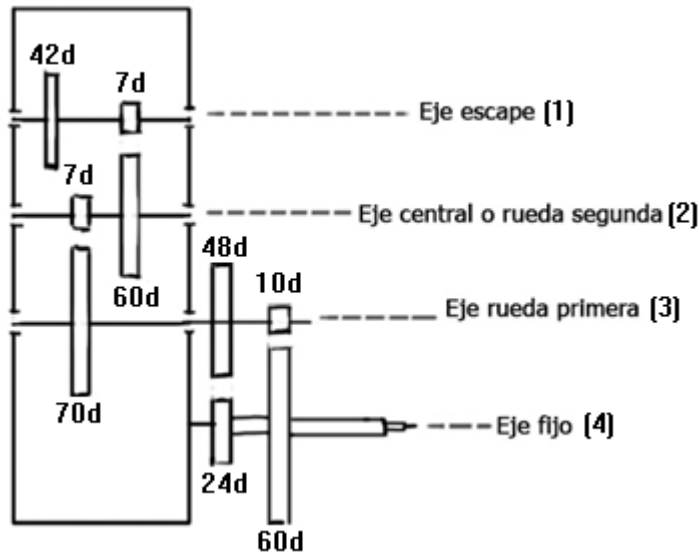


FOTOGRAFÍAS COMPARATIVAS (ANTES/DESPUÉS)



ANEXO V- FUNCIONAMIENTO Y CÁLCULOS

RELACIÓN DEL NUMERO DE DIENTES CON LAS VUELTAS DEL ENGRANAJE



EJE	NOMBRE	DIÁMETRO (mm)	Nº DIENTES	Nº DIENTES DEL PIÑÓN
1	Escape	49,77	42	7
2	Centro o rueda segunda	41,06	60	7
3	Cilindro o rueda primera	65,99	70	-----
	Piñón minutos	23,54	24	-----
	Piñón horas	9,7	10	-----
4	Engranaje minutos	41,54	48	-----
	Engranaje horas	52,14	60	-----

Cuando la minutera de 1 vuelta = 1h $\rightarrow \frac{24}{48}$ el eje del cilindro da $\frac{\text{Piñón minutos (24 dientes)}}{\text{Engranaje minutos (48 dientes)}} = \frac{1}{2}$ Vuelta

Comprobación: Si el eje de cilindro da $\frac{1}{2}$ vuelta, la saeta de horas dará $\frac{1}{2} \left(\frac{10}{60} \right) = \frac{1}{12}$ vuelta = 1h

El eje del centro $\frac{70}{7} \cdot \frac{1}{2} = 5$ vueltas

El eje del escape $5 \times \frac{60}{7} \times 42$ dientes = 1800 dientes

1800 dientes \rightarrow 60x60 seg

1 diente \rightarrow X

$$\left. \begin{array}{l} 1800 \text{ dientes} \rightarrow 60 \times 60 \text{ seg} \\ 1 \text{ diente} \rightarrow X \end{array} \right\} \frac{3600}{1800} = 2 \text{ seg/diente} = T \text{ (Período del péndulo)}$$

T	Período=2 segundos
l	Longitud del péndulo en metros
g	Aceleración de la gravedad=9,81 (m/s)

CÁLCULOS DE LA LONGITUD QUE DEBE TENER EL PÉNDULO

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \rightarrow 2 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \rightarrow l = \frac{g}{\pi^2} = 0,99 \text{ metros}$$

EL péndulo debe tener una longitud de 0,99m