

TRABAJO DE FIN DE  
GRADO:  
DOCUMENTACIÓN  
Y RESTAURACIÓN  
DE UNA MAQUETA  
DE  
AEROMODELISMO  
ARTESANAL

Yönten Uangmo Marrero Ramón

Tutor: Antonio Jesús Sánchez  
Fernández

Co-tutora: Silvia Díaz Parrilla

Grado en Conservación y  
Restauración de Bienes Culturales

Facultad de Bellas Artes –  
Departamento de Bellas Artes

CURSO 2021/22

## ÍNDICE:

1. Introducción.....	4
2. Justificación.....	5
3. Objetivos.....	5
4. Referentes.....	6
5. Metodología.....	8
5.1. Línea teórica.....	8
I. Ficha técnica.....	9
II. Contexto histórico.....	9
III. Estudio material.....	11
Madera.....	11
Metal.....	13
Pintura.....	14
Otros.....	16
IV. Análisis organoléptico y diagnóstico.....	18
V. Documentación gráfica.....	22
Fotografías generales.....	23
Macrofotografía.....	23
Microfotografía.....	24
Revelado RAW.....	26
VI. Mapas de daños.....	31
VII. Proceso de fotogrametría.....	33
1) Fotografías.....	34
2) Máscaras.....	36
3) Creación del modelo 3D.....	40
3.3) Alineado y nube de puntos.....	41
3.4) Nube de puntos densa.....	41
3.5) Alineado y fusión de <i>chunks</i> .....	44
3.6) Construcción de la malla.....	46
3.7) Textura.....	47
3.8) Exportación del modelo.....	48
4) Post-procesado en Blender®.....	49
4.1) Importación del modelo desde Metashape.....	49
4.2) Preparación del modelo en Blender®.....	50
4.3) Esculpido digital.....	51

4.4) Cierre de lagunas.....	53
4.5) Edición de la textura.....	55
4.6) Creación del mapa de daños tridimensional.....	57
VIII.    Funcionamiento.....	61
IX.      Tratamiento propuesto.....	66
5.2.    Línea práctica.....	66
I.    Criterios de intervención.....	66
II.   Materiales y herramientas.....	70
III.  Tratamiento.....	71
1) Limpieza.....	71
2) Consolidación y fijación de estratos.....	79
2.1) Fijación de la capa pictórica.....	80
2.2) Corrección de elementos estructurales.....	82
2.3) Rellenado de lagunas de soporte.....	84
2.4) Unión del alerón trasero y parches.....	87
3) Reintegración.....	92
4) Protección final.....	94
5) Retoques post-barnizado.....	96
6.      Temporalización.....	100
7.      Pautas de conservación preventiva.....	100
8.      Conclusiones.....	102
9.      Agradecimientos.....	103
10.    Anexos.....	104
10.1  Fotografías generales.....	104
10.2  Macrofotografías.....	106
10.3  Microfotografías.....	112
11.    Lista de referencias.....	115
12.    Índice de imágenes.....	119

# 1. Introducción

La misión principal de un conservador y restaurador es la de velar por la protección y salvaguarda del Patrimonio Cultural, sea este de la índole que sea, de modo que las futuras generaciones puedan seguir disfrutando, disponiendo y aprendiendo del mismo.

Sin embargo, cuando uno piensa en el cometido de un conservador, normalmente se le relaciona con las obras de arte más conocidas y relevantes, así como con monumentos y proyectos a gran escala (lo que se denominarían comúnmente como “obras maestras”, Muñoz Viñas, 2003).

Si bien esta parte es cierta, existe una parte del Patrimonio que suele quedar relegada: todos aquellos objetos que, si bien se consideran de “segunda categoría”, cargan a sus espaldas con un importante legado familiar o forman parte de una comunidad reducida. Su valor como bienes culturales u objetos artísticos radica, mayoritariamente, en el importancia sentimental que contienen, aunque sea para una reducida variedad de personas. Este aspecto se suma, además, a la significación histórica que el paso del tiempo otorga a cualquier tipo de manifestación humana de índole cultural, de forma paulatina.

Existen un sinnúmero de obras de arte que se engloban en esta categoría, a menudo eclipsadas e ignoradas por otras de mayor impacto o “categoría” social, lo que acaba provocando que muchas de ellas caigan en el olvido y sean descuidadas, incluso, por sus propios dueños. Sin embargo, a través de muchas de ellas se puede obtener información histórica relevante y, además, accesible, sirviendo como ejemplos de las manifestaciones artísticas de zonas concretas y su evolución a lo largo del tiempo, facilitando a su vez el estudio y la comprensión de ciertas costumbres y formas de hacer pasadas. Al mismo tiempo, estos objetos mantienen viva la llama de una estirpe y su herencia, evitando que tanto el recuerdo como la dedicación de los que ya no están pervivan y sigan transmitiéndose durante el mayor tiempo posible, lo que aumenta enormemente su importancia y valor sentimental.

Con esta línea de pensamiento como base, respaldada por las teorías que Salvador Muñoz Viñas expresa en su *Teoría Contemporánea de la Restauración* (2003), el trabajo propuesto para este TFG se basa en el estudio a nivel constructivo, la documentación exhaustiva y la restauración de una escultura de madera de dimensiones medias, perteneciente a Dña. María Dolores Garriga Rovira. Gracias a esta intervención, se conseguirá recuperar una pieza de gran valor sentimental que, de otro modo, habría acabado perdiéndose y cayendo en el olvido de sus familiares, presa de un deterioro progresivo cada vez más evidente.

La necesidad de intervenirlo vendría dada, en parte, por su avanzado estado de deterioro y, asimismo, por el gran valor sentimental que posee para su propietaria actual y sus familiares, cuyo deseo de restaurarlo se encontraba presente desde hacía décadas.

Con este proyecto se pretende, también, ejemplificar cómo los avances tecnológicos favorecen a la documentación y la conservación de los Bienes Culturales, posibilitando una mayor y mejor apreciación de la pieza tanto para su estudio como difusión.

A raíz de esta afirmación, y como último objetivo, con este trabajo también se procura reivindicar la importancia cultural que este tipo de piezas poseen, incluso cuando se les compara con otro tipo de obras de arte “de mayor categoría” o nivel, mientras que también se contribuye a mantener vivo el recuerdo de un familiar muy cercano y estimado para la propietaria del bien.

Si bien no se les mira bajo el mismo lente, cualquier clase de manifestación artística contiene una gran relevancia cultural, aunque muchas de ellas no tengan el mismo impacto social o mediático que otras. Sin embargo, muchos propietarios de objetos que podrían ser considerados como artísticos desconocen el propio valor que sus bienes contienen, lo que desemboca en un descuido y falta de atención crónicos, afectando directamente a dichos objetos y contribuyendo a su progresivo deterioro. Aunque sea a pequeña escala, con este trabajo también se aspira a concienciar a todos los poseedores de cualquier clase de Patrimonio artístico de la importancia que sus piezas detentan, animándoles a su vez a hacerse cargo de ellas y a mantenerlas en buen estado durante el mayor tiempo que sea posible.

## **2. Justificación**

Por una parte, el llevar a cabo un proyecto de estas características por primera vez, sin una supervisión constante, ha permitido al alumno adquirir una mayor confianza en sus propias capacidades a la hora de enfrentarse a una obra desde cero, además de permitirle reflexionar acerca de sus propias decisiones y por qué las toma, en base a sus propios criterios. Por otra, y siguiendo la estela de lo descrito en la introducción, se contribuye a salvar una parte del Patrimonio que suele quedar en el olvido colectivo, incluso por parte de muchos conservadores y restauradores, así como a mostrar respeto por la labor de su autor y lo que representa para sus allegados.

Se ha decidido abordar este proyecto no sólo por el gran interés de su dueña, cuyas capacidades económicas le impedían contratar a un profesional, sino porque la experiencia obtenida durante el Grado ha sido muy ilustrativa y ha contribuido a generar una importante admiración por el trabajo y conocimientos de los profesionales de la restauración, así como a adquirir una mayor confianza de cara al futuro laboral.

A propósito de esto último, este trabajo también constituye una fuente documental interesante, ayudando a comprender qué materiales y técnicas constructivas utilizaban los artesanos y carpinteros canarios décadas atrás, a comienzos del S. XX, y a comparar su evolución con respecto a las metodologías actuales.

## **3. Objetivos**

Todo proyecto nace con una serie de metas a cumplir, sobre las cuales se sustentará todo el proceso de trabajo. Con este motivo se han establecido, por un lado, la finalidad principal de este TFG mientras que, por otro, se han determinado una serie de fines

accesorios, sin los cuales no sería posible alcanzar la realización del objetivo original de manera óptima. Dichos fines se describen a continuación.

#### ***Generales:***

Conservar y restaurar una pieza desde cero, desarrollando una metodología adecuada de trabajo y efectuando, además, técnicas de documentación tridimensional para su estudio y difusión.

#### ***Específicos:***

-Identificar los factores de deterioro que aquejan al bien elegido, haciendo uso de las técnicas de análisis conocidas y de las que se dispone.

-Establecer una metodología ordenada de trabajo y llevarla a cabo según lo planeado, razonando y justificando debidamente y con conocimiento todas las acciones efectuadas durante la intervención, en base a unos criterios claros y escogidos en base a la tipología y necesidades de la obra.

-Documentar la pieza por medios tanto tradicionales (fotografía macroscópica y radiografía) como avanzados (microfotografía, fotogrametría y modelado 3D), ofreciendo tanta información del bien estudiado como sea posible al lector.

-Seleccionar los materiales adecuados para cada una de las operaciones de restauración, prestando atención a las necesidades específicas del bien a tratar y siendo capaz de discernir cuáles contribuyen a los objetivos planteados y cuáles ocasionan más daño a la pieza.

-Designar unas condiciones de Conservación Preventiva en consonancia con los materiales de la obra y de los utilizados para su restauración, aplicando criterios adaptados a su entorno.

-Demostrar que se han adquirido las habilidades necesarias para desempeñar una intervención de restauración de manera correcta, ordenada, debidamente justificada y profesional, ofreciendo siempre indicaciones y sugerencias para que esta se mantenga en buen estado durante el mayor tiempo posible.

## **4. Referentes**

Al igual que cualquier proyecto de restauración que se precie, para la realización de este trabajo se ha contado con una base teórica, compuesta por una serie de fuentes documentales elegidas en función de los temas a tratar durante el TFG. De manera principal, se ha dividido la búsqueda entre métodos de documentación y obtención de información de la pieza, para su posterior manifestación en un entorno digital; y entre materiales y técnicas de restauración de madera policromada, dada la naturaleza de la pieza elegida.

En el primer caso, se han utilizado como referencia los siguientes documentos:

-ARNOLD, C.R. (1974): *Fotografía aplicada*. Barcelona: Omega, D.L.

-ÁVILA RODRÍGUEZ, M. (2018): *Aplicación de la tecnología 3D a las técnicas de documentación, conservación y restauración de Bienes Culturales* [tesis de doctorado, Universidad Complutense de Madrid], E-prints Complutense.

-BARBERÀ GINÉ, A. (2017). *Fotogrametría para la conservación-restauración de bienes culturales*. Unicum, núm. 17., pp. 153-162.

-LAGERQVIST, B. (2018): *A system approach to conservation and cultural resources management. Photogrammetry as a base for designing documentation models*. CIPA Heritage Documentation.

-PALMA MANRÍQUEZ, N., QUIROZ LARREA, D. (dir.), NAGEL VEGA, L (Ed.), (2008): *Manual de registro y documentación de Bienes Culturales*. Santiago, Chile: Dibam.

Destacan la tesis doctoral de Ávila Rodríguez, que ha entrado en gran detalle acerca del proceso fotogramétrico y de obtención de modelos 3D y, como añadido, la experiencia obtenida en la asignatura de Digitalizado Tridimensional y Patrimonio, impartida por los profesores D. Manuel Drago Díaz Alemán y Dña. Alba Fuentes Porto, en la cual se han adquirido gran parte de las habilidades que han posibilitado la realización de un modelo digital de la pieza intervenida.

Por su parte, para llevar a cabo la restauración se han tenido como guía, además de la experiencia profesional y docente de D. Antonio Jesús Sánchez Fernández (tutor de este TFG), las fuentes enumeradas a continuación:

-*Biblioteca de la talla y la madera*, vols. 1-4 (1999). Fuengirola, Málaga: Ediciones Daly.

-GONZÁLEZ LÓPEZ, M.J. (2020): *Conservación y restauración de encarnaciones polícromas*. Madrid: Ed. Síntesis.

-MUÑOZ VIÑAS, S. (2003): *Teoría Contemporánea de la Restauración*. Madrid: Ed. Síntesis.

-VIVANCOS RAMÓN, V. (2007): *La conservación y restauración de pintura de caballete: pintura sobre tabla*. Madrid: Tecnos.

Cabe destacar el gran apoyo que han supuesto los libros de González López y de Vivancos Ramón, ya que no sólo ha proporcionado los datos teóricos pertinentes acerca del soporte de madera y su deterioro, sino que han contribuido a establecer la metodología y los materiales más adecuados para cada tipo de afección. Gracias a ellos se han podido identificar y tratar con mucho mayor acierto los daños sufridos por la pieza, garantizando una restauración adecuada y que se prolongará en el tiempo. Con las indicaciones llevadas a cabo se cumple a la vez con una función estética y estructural, ambas de vital importancia.

*Biblioteca de la talla y la madera*, por su parte, ha facilitado una serie de datos acerca de la madera de soporte de la pieza, para un mejor entendimiento y, por ende, manipulación de la misma. Por otro lado, y ya alejándonos de la teoría acerca de los materiales y del proceso de intervención, el texto de Muñoz Viñas ha proporcionado una base conceptual sólida que respalda todas aquellas ideas que se mencionaban al comienzo de este TFG,

acerca de ese Patrimonio “de segunda”, ofreciendo un estudio y clasificación muy completos acerca de las diferentes categorías de Bienes Culturales existentes.

Como colofón y pieza fundamental, para el contexto histórico de la obra se le ha realizado una entrevista a la propietaria, Dña. María Dolores Garriga Rovira, la cual ha facilitado toda la información pertinente en este aspecto, y sin la cual no habría sido posible establecer su fecha de creación ni su procedencia, entre otros datos de importancia. Toda la información obtenida a partir de esta conversación con la propietaria del bien se ha visto reflejada en su apartado correspondiente.

## **5. Metodología**

Todo proceso de restauración se compone de dos fases bien diferenciadas, en lo que a materiales y procedimientos se refiere: una primera fase cognoscitiva, en la que se estudian en profundidad los componentes de los que podría estar formada una pieza en concreto; y una fase operativa, en la que se llevarían a cabo los diferentes tratamientos, en base a la información obtenida en la etapa anterior.

Para comprender mejor qué decisiones tomar con respecto a los materiales a utilizar y las precauciones a seguir durante la intervención de la pieza, se hace imperativo conocer, en primer lugar, de qué está compuesta y cómo se comportarán dichos materiales en unas condiciones concretas. Esta información también ayudará a establecer los requisitos posteriores de conservación preventiva que deberán cumplirse para su óptima conservación.

Además, también se incluye un diagnóstico en base a estos estudios previos, que arrojarían luz sobre qué mecanismos habrían desencadenado los perjuicios sufridos por el objeto y sus posibles orígenes, lo cual serviría para prevenir que vuelvan a ocurrir, en la medida de lo posible, una vez la pieza vuelva a su emplazamiento original.

Tras haber llevado a cabo todos los estudios y documentación necesarios para el conocimiento del bien y sus características, se detalla pormenorizadamente qué materiales y procedimientos se han seguido para su restauración, para una mayor y mejor comprensión del tratamiento realizado.

En este apartado se describen la metodología seguida tanto para la investigación como para la restauración de la pieza, dividiendo ambas facetas en una línea teórica (concerniente al estudio y documentación) y en una línea práctica (que cubre todo lo referente al proceso de intervención en el taller).

### **5.1. Línea teórica**



## I. Ficha técnica


<b>Título:</b>	Sin título	
<b>Autor:</b>	Antonio Muñoz Ruiz	
<b>Año de realización:</b>	1971 ó 73	
<b>Dimensiones:</b>	76,2 x 47,5 x 24 cm (18 cm de alto en la parte trasera, teniendo en cuenta la cola)	
<b>Material:</b>	Madera de balsa policromada, aluminio y plástico	
<b>Función:</b>	Recreativa, en sus inicios. Actualmente, expositiva	
<b>Propietario:</b>	María Dolores Garriga Rovira	
<b>Observaciones:</b>	Se utilizaba como juguete para niños, el motor funcionaba con gasolina y hacía al avión planear. Actualmente, es inservible	
<b>Fecha de inspección:</b>	21/2/2022	
<b>Restaurador:</b>	Yönten Uangmo Marrero Ramón	

Tabla 1: Ficha técnica de la pieza intervenida.

## II. Contexto histórico

Gracias a la información aportada por su propietaria actual, se conoce que la pieza protagonista de este TFG se trata de un avión de madera de tamaño mediano, construido a comienzos de la década de los 70 en Roda de Bará (Tarragona) y gravemente deteriorada por el uso y el paso del tiempo.

Según su testimonio, la fabricación de la pieza habría corrido a cargo de su difunto esposo y carpintero de profesión, Antonio Muñoz Ruiz, y habría sido finalizada entre 1971 y no más allá de 1973, con el propósito de que sus hijos tuviesen un juguete con el que divertirse en el exterior. Dada su clara función recreativa, el material utilizado para ella fue madera de balsa. Conocida por su bajo peso, sumada a un pequeño motor de aeromodelismo, permitiría al avión planear por el aire durante varios segundos, convirtiéndolo en uno de los juguetes preferidos de los niños.

Teniendo en cuenta el gran entretenimiento que conseguía brindar a los infantes, que lo utilizaban asiduamente, no es extraño imaginar que gran parte de su deterioro se debe, en palabras textuales de la propietaria, “a la cantidad de golpes que la pieza se había dado contra el suelo”, produciendo roturas y desprendimientos de todo tipo, de forma casi constante.

El gran valor sentimental de esta pieza, además de los recuerdos familiares que encierra, reside, en primer lugar, en que esta maqueta fue la primera de toda una serie de modelos a escala de aviones, todos basados en aviones de caza reales, empleados durante la II Guerra Mundial (de hecho, esta primera pieza se habría inspirado, principalmente, en un Mitsubishi A6M Zero, observable en la fig. 1).



Fig. 1: Modelo de un Mitsubishi A6M Zero [Ilustración], por EGPJET3D, s.f. (<https://www.turbosquid.com/es/3d-models/mitsubishi-a6m-zero-3d-model-1462445>).

Aunque la pieza no se asemeja por completo a ningún modelo concreto, se pueden apreciar formas y detalles muy similares no sólo al A6M Zero, sino también a otros bombarderos de la época, como serían el Republic P-47 Thunderbolt, Supermarine Spitfire, Focke-Wulf Fw 190 y Kawanishi N1K-J Shiden Kai, entre otros aviones (figs. 2 y 3).



Fig. 2: A la izquierda, modelo de un Republic P-47 Thunderbolt [Ilustración], de Free3D, s.f. (<https://free3d.com/3d-model/republic-p-47d-thunderbolt-brazilian-air-force-4690.html>).

Fig. 3: A la derecha, modelo de un Supermarine Spitfire [Ilustración], por Tamiya, s.f. (<https://www.super-hobby.es/products/Supermarine-Spitfire-Mk.I-26033128.html>).

Por otro lado, debido a toda una serie de circunstancias adversas, toda la familia se vio obligada a abandonar su ciudad natal y poner océano de por medio, trasladándose a la isla de Tenerife, donde siguieron residiendo hasta la actualidad. Debido a la prisa con la que

tuvieron que marcharse y a lo complejas y pesadas que eran las demás maquetas, impidiendo su transporte por medios tradicionales, el presente modelo fue el único que consiguió sobrevivir y no perderse por completo en el olvido.

A ese valor emocional se le añade el fallecimiento de su autor, esposo de la propietaria actual, hace pocos años, lo cual acabó convirtiendo a esta maqueta en uno de los únicos recuerdos que guarda de su difunto marido, razón, además, de su gran interés por restaurarla.

### **III. Estudio material**

Lo más usual es que un bien cultural se componga de diferentes materiales, dispuestos en una serie de capas o estratos superpuestos, y cuya combinación resulta en una sola unidad material. No es extraño, tampoco, que las reacciones de deterioro que le ocurren a uno de los estratos, por una causa concreta, acaben migrando hacia el resto de capas y afectando a una superficie mayor, normalmente de varias formas distintas, en función de las características del material que conforme cada estrato. No es raro que defectos del soporte, por ejemplo, acaben aflorando y haciéndose visibles en la capa pictórica.

Aquí es donde recae la gran importancia de conocer los materiales presentes en un bien cultural, así como sus características y cómo pueden reaccionar entre sí y ante ciertos estímulos externos, ya que todos estos datos guiarán no sólo los tratamientos que se le realizarán a la pieza, sino que también dará pistas al conservador y restaurador acerca de qué precauciones tomar una vez finalizada la intervención.

Al tratarse de una pieza sencilla, con pocos estratos y fácilmente diferenciables, el estudio material no ha resultado en exceso complejo. No ha necesitado de estratigrafías ni métodos de laboratorio para la identificación de los diferentes materiales, ni tampoco de una investigación demasiado exhaustiva. La identificación de los componentes ha resultado, gracias a la información aportada por la propietaria y un sencillo análisis organoléptico, muy clara y con poco margen para la duda.

De forma breve, se exponen a continuación los principales materiales con los que se ha construido la pieza. También se muestra un sencillo mapa de materiales, para ayudar a una mejor comprensión de la división por estratos de su estructura y la localización de cada uno de los componentes.

#### ***-Madera:***

Tal y como se ha mencionado en el apartado anterior, la pieza está compuesta, en su gran mayoría, de madera de balsa. Teniendo presente cuál era su función, no es extraño que se optase por este material para el soporte, dada su extrema ligereza y su bajísima densidad.

Proveniente del Balso (*Ochroma pyramidale*), una especie endémica de Ecuador y extendida por todo América Central y del Sur, el Caribe y las Antillas, se trata de una madera muy blanda y liviana, de grano abierto y muy fácil de trabajar. Se caracteriza por presentar un color entre blanquecino, crema y rosado muy singular, además de tener a simple vista los radios leñosos, rectos y dispuestos de forma bastante regular. Su apariencia es muy homogénea, resultando complejo el diferenciar la albura del duramen (cuyo color es algo más rojizo, eso sí), debido a que ambos poseen unas tonalidades y características muy similares. Sin embargo, el duramen no se comercializa o no es común encontrarlo (González, s.f.).

En cuanto a especificaciones, la que más destaca es su increíble ligereza y su baja densidad, menor a la del corcho, lo cual la convierte en una de las maderas más indicadas para construcciones que necesiten flotar en el aire y/o en el agua. Algunos ejemplos son, cómo no, maquetas (especialmente de aerodelismo), juguetes, embarcaciones ligeras (de pequeño calibre, sobre todo, como balsas), boyas, tablas de surf, paneles sándwich para cubiertas, instrumentos musicales y ciertos tipos de embalaje, entre otros. Cabe destacar que también funciona muy bien como aislante acústico y térmico (Argüeso, 2019).

A continuación, se enumeran algunas de sus principales características (Argüeso, 2019):

- Flexión estática: 15-23 N/mm<sup>2</sup>
- Módulo de elasticidad: 2.160-32.00 N/mm<sup>2</sup>
- Compresión axial: 5-15 N/mm<sup>2</sup>
- Compresión perpendicular: 2,6 N/mm<sup>2</sup>

Es muy sencilla de trabajar, permitiendo un aserrado y mecanizado fáciles, pero debe procurarse que los instrumentos empleados se encuentren bien afilados, para asegurar un resultado óptimo.

A pesar de sus virtudes, sin embargo, se trata de una madera muy susceptible al ataque tanto de hongos como de insectos xilófagos, por lo que necesita tratarse de forma casi obligatoria y con especial cuidado, ya que su granulometría la convierte en una madera que absorbe con gran facilidad y rapidez lo que se le aplique encima. Es común tener que utilizar, antes de tratarla con cualquier otro producto, un sellador o tapaporos, para evitar que absorba la mayor parte del producto elegido. Se recomienda tratarla mediante inmersión en el producto.

Continuando con sus desventajas, a la hora de trabajarla, se desaconseja atornillarla y clavarla, ya que puede romperse o deformarse durante el proceso, además de tener un agarre muy deficiente, pudiendo romperse poco después de finalizar la obra. Lo más indicado, en cuanto a uniones, es encolarla, ya que se adhiere con gran facilidad a los adhesivos y permanece unida con sorprendente solidez, si se utiliza este método.



Fig. 4: A la izquierda, tabloncillos de diverso grosor de madera de balsa, en los que se aprecia su color rosado característico [Fotografía], por Multitaller, s.f. ([https://multitaller.odoo.com/shop/product/41422-chapa-madera-balsa-2-mm-10-x-100-cm-23693#attr](https://multitaller.odoo.com/shop/product/41422-chapa-madera-balsa-2-mm-10-x-100-cm-23693#attr=)).

Fig. 5 A la derecha, lagunas de policromía en una de las alas de la maqueta, que ha dejado a la vista la madera del soporte. El matiz amarillento que presenta se debe a su edad y a sus malas condiciones de conservación, entre otros factores.

### **-Metal:**

La maqueta también cuenta con su propio motor y, además, con dos soportes y sus ruedas correspondientes, ambos de metal. Los dos son elementos de gran relevancia para su funcionamiento pasado y que hay que tener muy en cuenta durante el tratamiento y de cara a la futura preservación del bien, ya que poseen unas necesidades de conservación diferentes a las que precisa la madera, por ejemplo.

En base a las observaciones llevadas a cabo, por su aspecto y comportamiento, se ha llegado a la conclusión de que tanto el motor como los soportes de las ruedas son de acero cromado. El acero es una de las aleaciones más comunes empleadas en metalurgia, compuesta principalmente de hierro y carbono en porcentajes variables, que oscilan entre un 0,03% y un 1,075% (*Acero* (2022, 29 de julio). En Wikipedia. <https://es.wikipedia.org/wiki/Acero>). Al acero se le pueden añadir, además, otros componentes, que modifican sus propiedades y su conducta.

Si bien hoy en día se fabrican motores de aeromodelismo con materiales como aluminio o acero inoxidable (discernibles por ser más brillantes y menos “toscos”, en comparación al acero forjado más tradicional), hace unas décadas no era extraño que se emplease acero común para su producción, fundido a muy altas temperaturas y enfriado dentro de un molde. Esto se debe a que se trata de un compuesto relativamente liviano y de baja densidad, en contraposición a otros metales.

Además de su relativa ligereza, este material resulta idóneo para el aeromodelismo debido a sus excelentes propiedades de resistencia mecánica y frente a la corrosión. Si bien la maqueta posee elementos que se han oxidado (muy posiblemente de hierro forjado, como se puede apreciar en la fig. 7, por ejemplo), tanto el motor como las uniones de las ruedas se han mantenido prácticamente inalterados, habiendo sido afectados únicamente por acumulaciones de suciedad y por unos leves rasguños, derivados de los repetidos impactos y caídas que han sufrido. Es muy posible que, tras la fabricación de

estos componentes, se les aplicase además un tratamiento externo, muy probablemente un cromado, pensado para ofrecer un aspecto estético más atractivo y, además, para proteger al acero de la humedad y, por tanto, de la corrosión.

Esta última afirmación se sostiene en que, durante todos sus años de vida, estas piezas no han sido presas de la oxidación, a pesar de las condiciones de elevada humedad en las que se han encontrado a lo largo de las décadas. Esto se debe a que el cromo genera su propia capa de óxido, que le protege de las inclemencias medioambientales y, por supuesto, de la corrosión. Que estas piezas no se hayan oxidado mientras que, por el contrario, otras zonas de la maqueta sí lo hayan hecho, sugeriría la presencia de cromo en la zona del motor y las ruedas.

Entre otras características, el acero destaca también por sus excelentes propiedades de reflexión (tanto de la luz como del calor) y conductividad; por su maleabilidad y plasticidad, haciendo mucho más sencillo el fundido y/o modelado de piezas con este material; y por sus elevadas dureza y tenacidad, complicando la tarea de rayarlo o romperlo, por ejemplo, al someterlo a un impacto.



Fig. 6: A la izquierda, bloques huecos de acero, en los que se aprecia el brillo y color característicos del metal. [Fotografía], por BigTunaOnline, s.f., Shutterstock (<https://www.shutterstock.com/es/image-photo/aluminium-profile-windows-doors-manufacturing-structural-1588833874>).

Fig. 7: A la derecha, detalle del motor de la maqueta, que permite observar las características del material, a pesar de la capa de suciedad que posee.

### **-Pintura:**

De la pintura, al no ser viable una estratigrafía o cualquier otra clase de examen de laboratorio, sólo se pueden realizar suposiciones en base a su aspecto visual, su comportamiento y a la información prestada por su propietaria.

En la literatura se menciona un tipo de pintura común para maquetas de estas características, como son los “recubrimientos opacos” o “esmaltes mate” (*Biblioteca de la talla y la madera*, vol. 3, 1999). A falta de análisis, probablemente estemos tratando con esmalte sintético. Debido a sus características y a su gran popularidad en la época en la que se construyó la maqueta, es sencillo presuponer que se utilizase esta clase de pintura para adornar la pieza, aplicada con brocha y pinceles de diferentes grosores.

Los esmaltes han sido, durante mucho tiempo, la opción más utilizada para pintar maquetas de todo tipo, antes de la aparición y extensión de las pinturas acrílicas. Poseen una base de aceite por lo que, al igual que la pintura al óleo convencional, necesitan de un disolvente para poder utilizarse adecuadamente. Su principal ventaja es su alto poder cubriente, en contraposición a sus larguísimos tiempos de secado, haciendo que deban esperarse, al menos, 24 horas entre una capa y otra. Como sucede con el óleo, si bien se puede pintar con acrílicos y otras pinturas con base de agua sobre una capa de esmalte ya seco, nunca debe mezclarse un esmalte con pintura acrílica o con lacas (Cosmosdigitalart, s.f.).

Durante un tiempo se creyó, por ciertas afirmaciones de la propietaria, que la pintura podría tratarse de témperas, gouache o de pintura acrílica, pero se han desestimado estas opciones porque suelen aplicarse sobre una capa de imprimación subyacente (que la maqueta no posee) y, sobre todo en el caso de las últimas, se suele utilizar un aerógrafo para su adhesión correcta, cuando no ha sido el método empleado. También se ha descartado el uso de lacas, ya que estas poseen una gran adherencia y, en las condiciones en las que ha estado la maqueta, no se habrían desprendido como lo ha hecho el estrato superior (Cosmosdigitalart, s.f.).



Fig. 8: Detalle de la zona superior de la maqueta, en la que se pueden ver claramente tanto el aspecto como el estado de conservación de la capa pictórica.

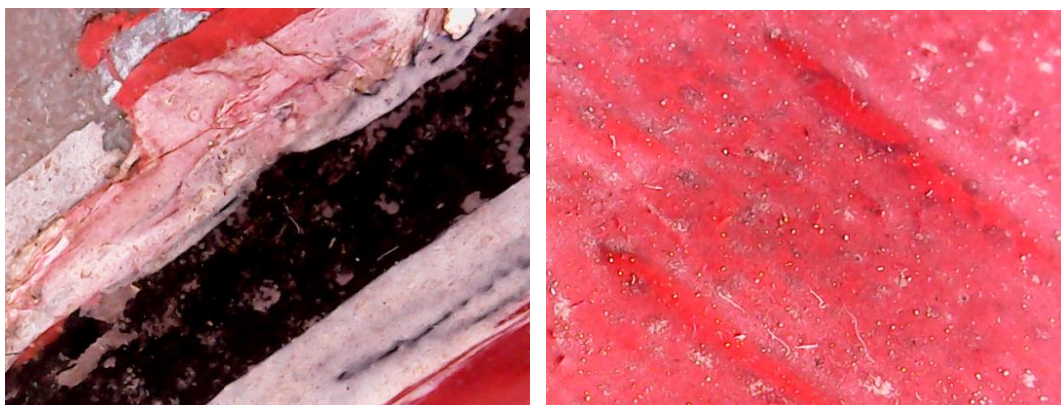


Fig. 9 y Fig. 10: Capturas de microscopio de la capa pictórica, en las que se aprecia su estado y sus características.

**-Otros:**

Por su parte, elementos anexos, como podrían ser las propias ruedas (de caucho) y la hélice (muy probablemente de PVC, por sus características organolépticas) no presentan problemas de conservación graves y, además, se pueden mantener con facilidad en las condiciones que resulten más adecuadas para otros materiales más sensibles.



Fig. 11: A la izquierda, tubos de PVC, con su textura y brillo distintivos. [Fotografía], por Ferretería Sofeconsa, s.f. (<https://sofeconsa.com/product/tubos-agua-potable-pvc/>).

Fig. 12: A la derecha, zona inferior de la hélice, en la que se aprecia mejor la similitud con los tubos de PVC convencionales.



Fig. 13: A la izquierda, rollo de caucho. [Fotografía], por Cauchos Vikingo, s.f. (<https://cauchosvikingo.com/product/caucho-natural-liso-sin-lona/>).

Fig. 14: A la derecha, detalle de una de las ruedas. Aunque está cubierta de una capa de suciedad, se puede ver claramente que guarda un gran parecido la imagen de la izquierda.

Además de los materiales mencionados con anterioridad, que componen la mayor parte de la maqueta, en la zona central de la pieza (señalada en verde en las figs. 17 y 18, a continuación) se ha utilizado una especie de rejilla de plástico, a modo de unión entre la madera y la cabina de pilotaje, que se habría realizado con una lámina de tereftalato de polietileno (PET) o, en su defecto, con un material muy similar, a juzgar por su apariencia (señalado en azul, en la fig. 17).



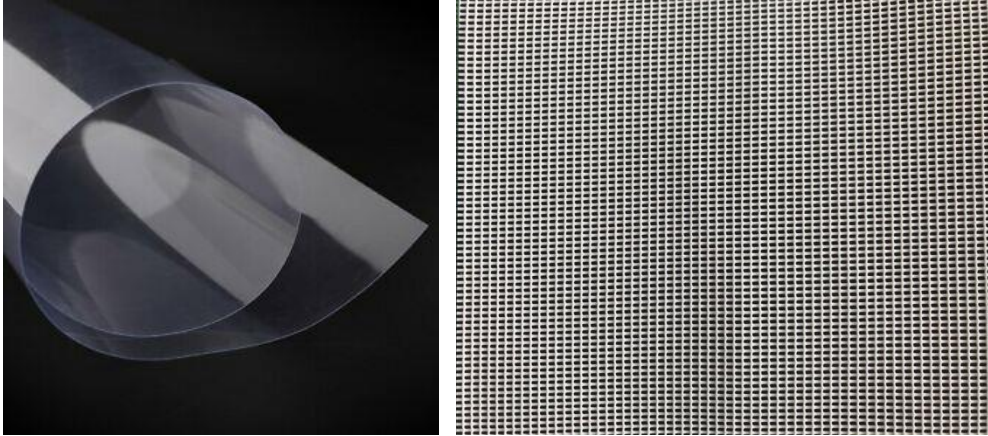


Fig. 15: A la izquierda, lámina de PET. [Fotografía], por Kshitij Polyline Limited, s.f. (<https://www.kshitijpolyline.com/plastic-sheets.html>).

Fig. 16: A la derecha, malla de PVC [Fotografía], por McNichols®, s.f. (<https://www.mcnichols.com/wire-mesh/square/stainless-steel-ss-383012>).

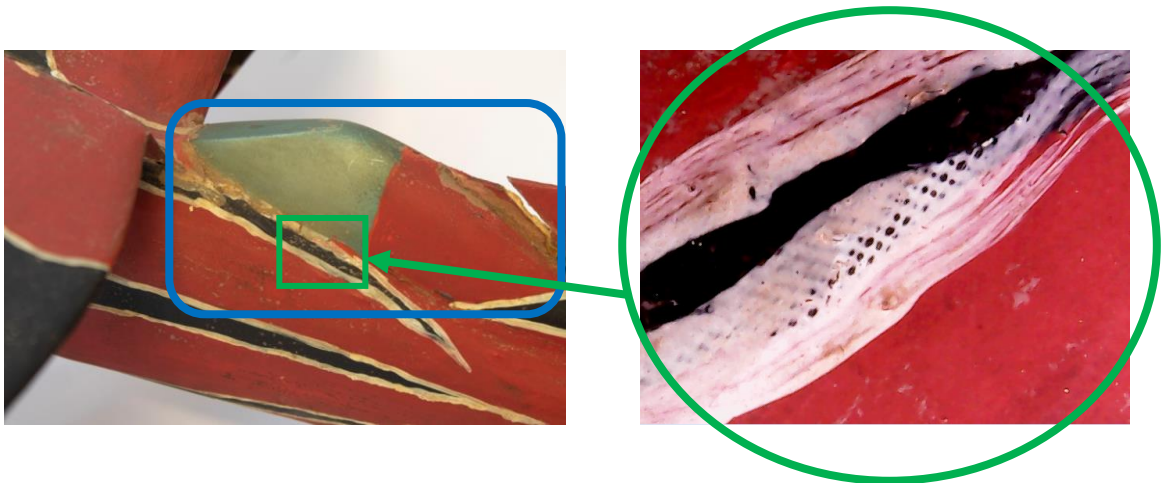


Fig. 17: Detalle de la cabina de pilotaje de la maqueta (izqda., en color azul), realizada con una lámina de PET.

Fig. 18: La fotografía de la derecha se corresponde con la zona señalada en verde, perteneciente a la malla de PVC que se ha empleado para unir la lámina de PET a la madera de base.

Como detalle curioso, en la cola se observa un refuerzo de tela, y no de PVC, pero muy localizado y de una extensión mínima (fig. 185, en el apartado concerniente a la Consolidación de la pieza).

A modo de resumen, los materiales siguen la distribución que se muestra a continuación:

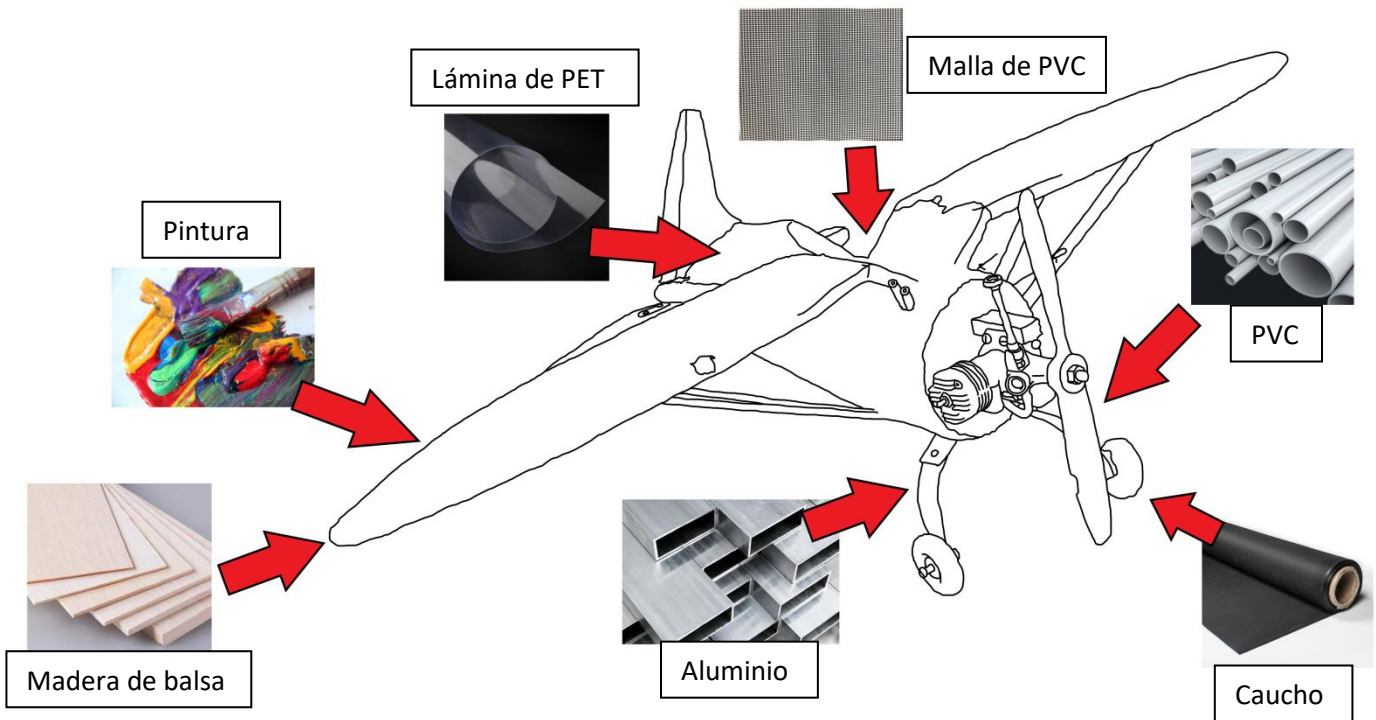


Fig. 19: Esquema que ayuda a aclarar, de forma general, dónde se encuentran los materiales descritos con anterioridad. Capa de pintura [Fotografía], por UniVision, 2013 (<https://www.univision.com/estilo-de-vida/asi-se-vive-mejor-hogar/tipos-de-pintura-para-madera>).



Fig. 20: Esquema correspondiente a la división por estratos de la pieza (encontrándose abajo el soporte de madera, hasta la capa de pintura, suprayacente a todas las demás).

#### IV. Análisis organoléptico y diagnóstico

La pieza presenta, de forma general, un deterioro muy notable, fruto de su uso anterior y de sus malas condiciones de conservación.

Para su correcto diagnóstico, además de ayudarnos de diversas fuentes de documentación (como son la macro y microfotografía, además del uso de radiografías, en

este caso), se hace necesario un examen visual u organoléptico, que es el primer paso que se suele llevar a cabo en cualquier intervención de restauración.

Este análisis consiste en la observación pormenorizada de la pieza en cuestión, con el fin de encontrar, identificar y situar adecuadamente qué daños le han ocurrido y qué alcance pueden tener, en base a toda una serie de indicadores visuales de alteración, comunes a todos los bienes culturales. Además, este primer contacto con la obra puede ayudar a formular diversas hipótesis acerca de su estado y al origen de dicho deterioro.<sup>1</sup>

En cualquier obra se pueden distinguir varias clases de indicadores visuales de deterioro, en función de los daños sufridos. Según Glez. López (2020), estos se pueden organizar en una serie de “familias de alteración”, en función de cómo afectan a la pieza y de sus características. Estas familias son, principalmente:

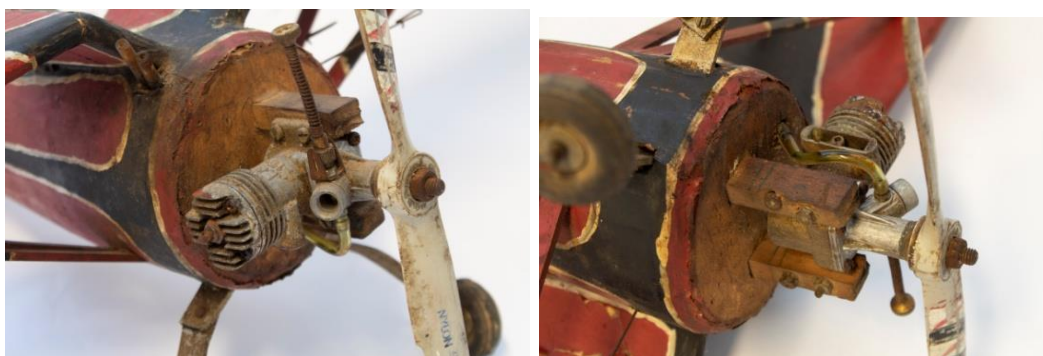
-Aporte de materia (en forma de depósitos o sedimentos de polvo y suciedad superficial, así como repintes, repolicromías y estuco desbordado, fruto de intervenciones anteriores).

-Falta de materia o consistencia (agujeros, arañazos, disgregación, desgaste, galerías, lagunas, etc.).

-Deformación, separación o fractura (ampollas y abolsados, arrugas, cuarteados, fisuras y grietas, marcas y levantamientos, entre otros).

-Modificación cromática (manchas, pasmados y cambios de color en la policromía/barniz, por ejemplo).

En el caso concreto de nuestra pieza, se observan claramente aportes de materia (depósitos y acumulación de aerosoles, o polvo, sobre la capa más superficial, como se muestra en las figs. 21, 22, 23 y 24), separación (principalmente, levantamientos de la capa policroma, en forma de escamas, abolsados y grietas, como se aprecia en las figs. 25 y 26) y faltas de materia (fruto del desgaste y abrasión superficial, figs. 21 a 26).



---

<sup>1</sup> Para organizar la información obtenida a partir de este primer examen se ha seguido la clasificación sugerida por María José González López, en su obra *Conservación y restauración de encarnaciones policromas* (2020).



Fig. 21 , Fig. 22, Fig. 23 y Fig. 24: Capturas de detalle, en las que se observa los depósitos de suciedad superficial descritos.

Gran parte de estos detrimentos provendrían del continuado uso de la pieza en el pasado, cuyas repetidas caídas habrían producido los desgastes y muchos de los levantamientos de la pintura, fruto de los golpes y raspaduras sufridos. También serían la causa del estado de extrema fragilidad que presenta la cola del avión, casi separada por completo del resto de la estructura (ver Anexo 10.2).



Fig. 25 y Fig. 26: Fotografías de detalle, correspondientes a una laguna de soporte de la maqueta, que también presenta grietas (izqda.) y a una de las alas, cuya capa pictórica se encuentra repleta de abolsados (dcha.). Estos desperfectos habrían sido causados, en teoría, por los repetidos impactos y por sus malas condiciones de conservación.

Centrándonos a continuación en los desprendimientos de la capa pictórica, otra hipótesis sugeriría que se deben a posibles defectos de técnica o al propio envejecimiento de los materiales empleados en su consecución, lo que habría causado una notable pérdida de flexibilidad de la pintura y sus estratos subyacentes.

Por su parte, la suciedad superficial se compondría casi en su totalidad de aerosoles presentes en el entorno urbano, provenientes tanto del exterior como de actividades cotidianas (véase cocina o limpieza, por ejemplo), y que se habrían depositado y acumulado sobre la capa pictórica (figs. 21, 22, 23 y 24).

Para establecer las causas del deterioro, se deben dividir según su origen, en causas extrínsecas (provocadas por factores externos a la pieza, generalmente de su entorno) e intrínsecas (provenientes del “interior” de la pieza, más relacionadas con sus materiales y con las reacciones químicas que les ocurren, desencadenando perjuicios a largo plazo).

<b>AGENTES DE DETERIORO:</b>	
<b>Extrínsecos:</b>	<b>Intrínsecos:</b>
Medioambiente: -Humedad relativa y temperatura variables e incorrectas. -Contaminantes (polvo y gases del entorno urbano, aerosoles. Fuentes antropogénicas de contaminación).	Posible mala calidad de los materiales, envejecimiento natural de los mismos (pérdida de propiedades).

Tabla 2: Resumen de los factores de deterioro que han afectado a la pieza.

En el cuadro anterior se clasifican los agentes de deterioro responsables de los desperfectos sufridos por la pieza y, además, se explican brevemente sus posibles causas, teniendo en cuenta su entorno más próximo y cómo le afecta de forma tanto directa como indirecta.

Entrando en más detalle, las causas extrínsecas del deterioro de esta maqueta tienen que ver, principalmente, con el medio ambiente en el que se ha encontrado durante esta última etapa de su vida: la propietaria había decidido colgarla del techo, con hilo de pescar, en su vivienda, situada en un décimo piso de un edificio en una de las zonas más transitadas de Santa Cruz de Tenerife. Se sabe que, concretamente, la pieza se encontraba cerca de una ventana que da al exterior, por lo que es susceptible a ciertos factores medioambientales y a recibir daño derivado de la exposición a radiación UV.

En este caso, tantos los agentes climáticos del lugar como el entorno urbano envolvente (Glez. Lopez, 2020) han sido, en gran medida, los principales responsables de su degradación a nivel externo: en primer lugar, las características de humedad relativa y temperatura que se alcanzan en la ciudad son, en ciertas épocas del año, muy extremas. No es raro que se traspasen, durante el período estival, los 40 °C a la sombra en muchas ocasiones, sumados a un alto nivel de humedad relativa (superior al 65 ó 70%, en las peores circunstancias, y que se ve incrementado durante los períodos de lluvias).

Por el contrario, durante el invierno, la humedad relativa se mantiene bastante estable, pero las temperaturas se reducen de manera significativa, en comparación al verano. Que la pieza se localizase en un décimo piso también podría haber influenciado en su deterioro, ya que las habitaciones que se encuentran a mayor altura reciben una mayor cantidad de luz solar y, por ende, alcanzan temperaturas mucho mayores que los pisos inferiores.

Además, la vivienda de la propietaria se encontraba junto a una estación de autobuses en constante funcionamiento. Los gases provenientes de la combustión de los vehículos (CO y CO<sub>2</sub>, principalmente) contienen aerosoles, partículas de muy reducido tamaño que, unidas al polvo y tierra presentes de forma natural en la atmósfera, se habrían acabado depositando sobre la superficie de la pieza durante muchos años y de forma continua, causando la gruesa capa de suciedad que le afecta.

No pueden faltar tampoco los vapores producidos por las actividades cotidianas dentro de la propiedad, también muy frecuentes. Estos gases serían una de las causas más probables de los abolsados y levantamientos de la capa pictórica, provocados al condensarse dicho vapor y al aumentar la humedad relativa y la temperatura dentro de la vivienda de forma recurrente, dada la elevada frecuencia de estas acciones.

Por su parte, las causas intrínsecas se deben a la propia naturaleza y al comportamiento de los materiales que componen cada uno de los estratos de la pieza. En este caso, lo más probable es que los perjuicios sufridos se deban, principalmente, a la pérdida de propiedades de sus materiales constituyentes, debido al envejecimiento natural de los mismos.

Otra teoría, con respecto a los daños que presenta la capa pictórica, sugeriría que se emplearon, en su momento, pinturas de mala calidad, lo cual provocaría que se hubiesen vuelto tan frágiles. Sin embargo, esta última afirmación es imposible de confirmar y se queda únicamente en una mera hipótesis.

La madera de balsa, principal componente de la pieza, es muy blanda, frágil y susceptible al deterioro. Es por ello que sería esperable que la variación constante en los niveles de temperatura y humedad relativa hayan causado estragos en su estructura, facilitando algunas de las grietas que se le pueden encontrar y agravando otras que ya pudiese poseer en el pasado (como las de las figs. 25 y 26, por ejemplo). Este comportamiento es común a todos los materiales orgánicos e higroscópicos (como cualquier clase de madera, principalmente), especialmente proclives a deteriorarse por estas causas.

## **V. Documentación gráfica**

El fotografiado y documentación visual de los bienes culturales es una parte crucial de cualquier clase de intervención, ya que informan no sólo de cómo es la pieza, sino en qué estado se encuentra en un punto concreto de su historia material, previo o posterior a su tratamiento.

Las fotografías no sólo sirven como testigos de la modificación estética y/o estructural del objeto, sino que también ayudan a justificar las acciones que vayan a llevarse a cabo sobre él, aportando una información muy valiosa acerca de la realización de las mismas. Además, a nivel divulgativo, constituyen una prueba del trabajo del conservador y restaurador, contribuyendo a su difusión y haciéndola más atractiva y llamativa a ojos de cualquier interesado.

Asimismo, se estipula en leyes españolas de Patrimonio Cultural que, cualquier intervención que se lleve a cabo sobre bienes pertenecientes al legado cultural del Estado, debe quedar convenientemente reflejada de forma gráfica.

Para una documentación completa y exhaustiva de un objeto patrimonial, los conservadores y restauradores se sirven de todo un compendio de técnicas e instrumental especializado (desde cámaras profesionales hasta microscopios electrónicos), con el objetivo de capturar hasta el más mínimo detalle que pueda resultar relevante para su estudio y/o intervención. Entre las técnicas más comunes se encuentran las siguientes:

### **Fotografías generales:**

Su principal función es la de ejercer como testigos del estado en el que la pieza llegó al taller, antes de ser intervenida. Se tratan de unas fotografías realizadas a la altura de los ojos, desde una perspectiva frontal y neutral, y con una iluminación homogénea, de forma que se pueda apreciar el objeto sin dificultad.



Fig. 27, Fig. 28, Fig. 29, Fig. 30, Fig. 31 y Fig. 32: Tomas generales de la pieza.

### **Macrofotografía:**

Por su parte, las macrofotografías, “macros” o fotografías de detalle tienen la misión de mostrar ciertos elementos de interés de la pieza de forma aumentada, ya sean detalles inherentes a su estructura y/o los resultados de su deterioro. Son de gran ayuda tanto para la documentación como para la difusión del estado de conservación inicial del bien

estudiado, además de complementar y permitir una mayor y mejor apreciación de la información aportada por las fotografías generales.



Fig. 33, Fig. 34, Fig. 35 y Fig. 36: Ejemplos de macrofotografías, de distintos puntos de la pieza.

### ***Microfotografía:***

Las microfotografías, a su vez, se denominan como tal porque se realizan con la ayuda de un microscopio electrónico. Proporcionan un tipo de información muy concreta, debido al descomunal aumento que el microscopio es capaz de conseguir, y generalmente se utilizan para la investigación del estado de estructuras o materiales muy concretos, cuando las macrofotografías no son suficientes para su adecuada percepción.

Suelen emplearse para la identificación y documentación exhaustiva de restos y concreciones de suciedad, además de para otros materiales que puedan resultar de interés para la documentación y estudio de una pieza en concreto. En este caso, se han realizado estas capturas para dejar constancia del verdadero estado de conservación de la superficie, mucho más deplorable de lo que aparentaba a simple vista, y para evaluar el nivel de suciedad que realmente poseía.



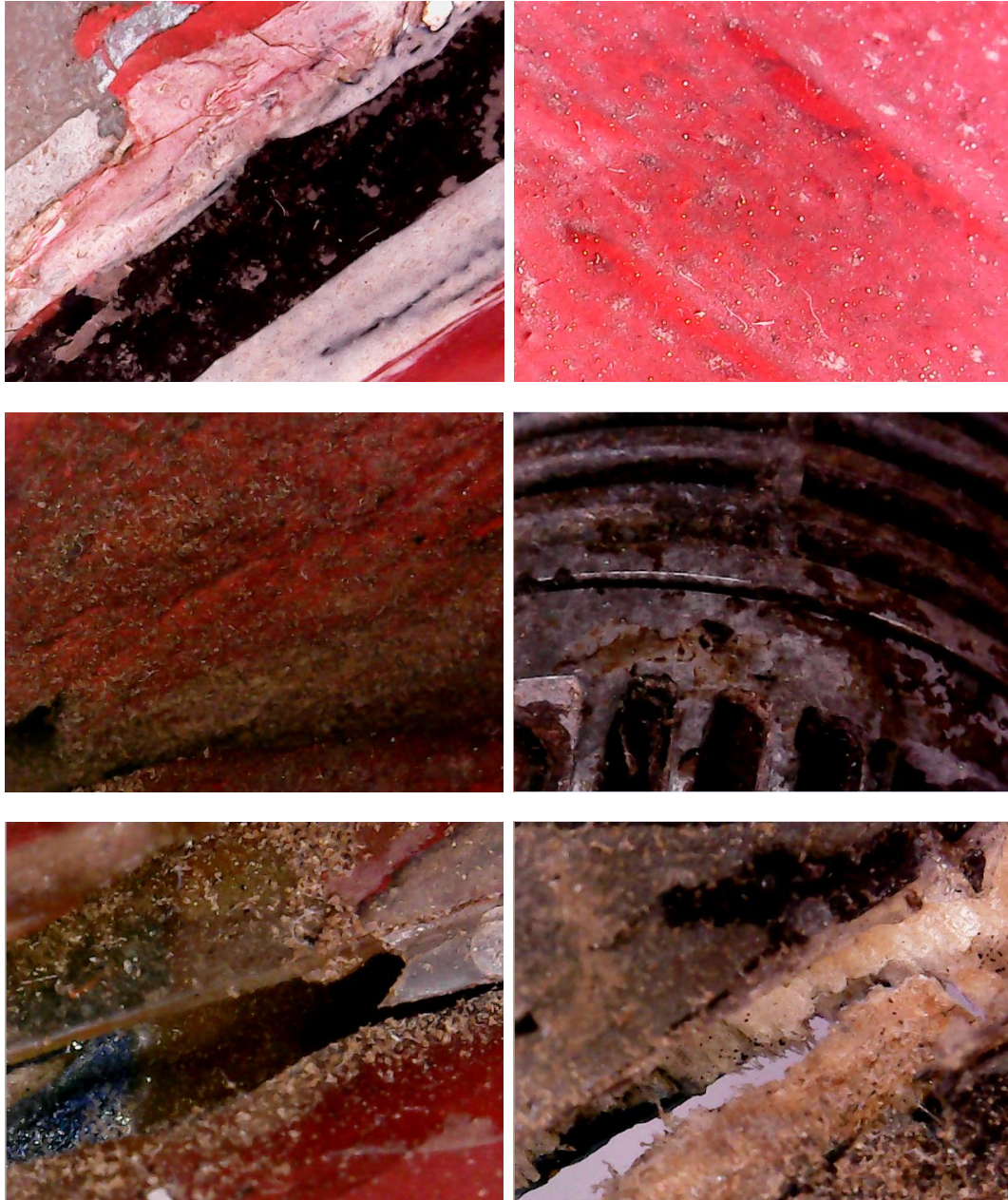


Fig. 37, Fig. 38, Fig. 39, Fig. 40, Fig. 41 y Fig. 42: Ejemplos de algunas de las capturas tomadas con el microscopio electrónico, que muestran ejemplos de las concreciones de óxido y de suciedad en la superficie, en ciertos recovecos y en zonas menos a la vista de la maqueta.

## **Revelado RAW**

Antes de incluir las tomas realizadas en el trabajo, ha sido necesario procesarlas digitalmente, para conseguir tanto su homogeneidad a nivel visual como una visibilidad adecuada y fehaciente, que permita una óptima apreciación del objeto tal y como es en la realidad. Para esto, se editan los archivos RAW (“en bruto”), con ayuda de un programa informático que sea capaz de leerlos, para modificar sus valores de exposición, color y contraste, entre otros.

Cuando se toma una fotografía, las condiciones ambientales en las que se lleva a cabo la captura influirán en el resultado final que se obtendrá. Entre otros, uno de los más importantes es la luz, que puede modificar no sólo la legibilidad y brillo de la imagen, sino los colores que mostrará. Este último aspecto es de vital importancia para la documentación objetiva de cualquier bien cultural, ya que debe ofrecerse una representación lo más fidedigna que sea posible de su apariencia. Además, también debe procurarse que todas las fotografías realizadas formen un conjunto coherente y homogéneo, con los mismos parámetros y aspecto.

Debido a las variaciones lumínicas que suelen ocurrir durante el transcurso de una sesión fotográfica, la representación del color que muestran las tomas finales es susceptible de modificarse, dando lugar a cambios y diferencias de apreciación del mismo. Esto acaba generando una divergencia perceptible del color del objeto entre toma y toma.

Para solucionar este problema y preservar la mayor concordancia posible entre las fotografías y la pieza original, antes de comenzar la sesión se incluye una toma con una carta de color (fig. 43), para establecer los parámetros que se aplicarán a todas las capturas, cuando se editen *a posteriori*.



Fig. 43: Toma con la carta de color.

Una carta de color se trata de un dispositivo de precisión, utilizado cuando se necesita una fidelidad extrema y una mínima discordancia entre el aspecto real de la pieza fotografiada y su representación digital y/o impresa. Normalmente, se compone de uno o varios soportes de cartón o plástico de color negro, unidos entre sí, que a su vez incluyen una serie de parches cuadrados de diferentes colores y matices de gris, blanco y negro, con niveles de saturación y brillo diferentes. Como añadido, existen cartas de grises, que sólo

se componen de variedades de blanco, negro y gris, y que suelen utilizarse para modificar la exposición y nivel de blanco de las fotografías (fig. 44, a continuación).



Fig. 44: Toma con la carta de grises.

Los parches de estas cartas se han impreso con unos estándares objetivos y de elevada calidad, para asegurar la mayor exactitud posible a la hora de trabajar con ellas. El modelo empleado en este trabajo es una *ColorChecker® Classic*, de la casa X-Rite (fig. 45), una de las más populares entre los fotógrafos.



Fig. 45: ColorChecker® Classic, de X-Rite [Fotografía], por X-Rite, s.f. (<https://www.xrite.com/es/service-support/product-support/calibration-solutions/colorchecker-passport-photo-2>).

Las cartas de color no sólo ayudan a estandarizar los parámetros de edición digital de las fotografías, sino que permiten asegurar que las imágenes mostradas son fidedignas y su representación de la pieza es objetiva, contribuyendo a la homogeneidad y veracidad de la documentación. Otra de sus funciones, también muy relevante en el mundo de la fotografía profesional, es el de la configuración de monitores y pantallas, para que muestren adecuadamente los matices. Esto último cobra especial importancia cuando se trabaja con varios dispositivos a la vez, de modo que el proceso fotográfico (y, por tanto, el resultado) no varíe al cambiar de uno a otro. La configuración de pantallas con carta de color es muy recomendable cuando se trabaja como conservador y restaurador.

Una vez tomadas las fotografías, tanto en formato JPG como en RAW (formato de archivo “en bruto” de Canon®, que contiene toda la información de la imagen), deben tratarse digitalmente para obtener la mayor concordancia cromática posible. En este punto es donde cobra protagonismo e importancia la carta de color. Si bien se le puede sacar mucho partido a esta herramienta, para lo que más le puede interesar a un conservador y restaurador es para obtener un balance o equilibrio de blancos adecuado.

El balance de blancos (o “WB”, de *White Balance*, en inglés) se refiere al equilibrio de verde, rojo y azul en una fotografía, lo que le otorgaría a la imagen una dominancia de color concreta, en base a estos valores. Dicha dominancia puede ser cálida (como una luz de tungsteno, un atardecer, etc.) o fría (como en un día nublado), lo que se denomina en fotografía como “temperatura del color”, medida en grados Kelvin (Musso, s.f.). La temperatura puede modificar por completo el significado y apariencia de una imagen, pero esta clase de efectos se reservan para la fotografía artística; en lo que a documentación y a objetividad concierne, por su parte, la más adecuada es la neutra o blanca (que se corresponde normalmente con las horas centrales del día o, en su defecto, a la luz del flash, de unos 5.000-5.500 K), que permite la apreciación más objetiva del objeto fotografiado y de sus características (Musso, s.f.).

Normalmente, la propia cámara es capaz de aplicar de forma automática el balance de blancos adecuado, en función de la luz ambiental y de su configuración. Sin embargo, por muy controladas que se tengan las condiciones de captura, siempre existirán detalles que pueden pasarle desapercibidos al aparato y que terminan modificando por completo el resultado. No obstante, gracias a los programas informáticos de edición fotográfica, estas pequeñas incoherencias son perfectamente corregibles de forma manual.

Una vez sacadas las fotografías, deben cargarse en el software elegido para ser editadas, incluidas las sacadas junto a la carta de color. En este caso, se ha optado por Camera RAW, por estar incluido con Adobe Photoshop®. Para la documentación de bienes culturales siempre es aconsejable trabajar en formato RAW, puesto que es el que mayor información y calidad posee, de cara a su procesado digital. Al tratarse de un formato “en bruto”, también posibilita la edición de cualquier parámetro de los archivos de manera instantánea y sin perder un ápice de calidad (Musso, s.f.).

Tras seleccionar todos los archivos RAW y arrastrarlos sobre la pantalla inicial de Adobe Photoshop®, el programa abrirá Camera RAW de forma automática (figs. 46 a 49). Una vez cargadas todas las fotografías, se seleccionan todas a la vez manteniendo pulsada la tecla Ctrl y, a continuación, la letra “A” (fig. 49). Este paso es crucial, ya que permitirá aplicar las modificaciones a todas las tomas, consiguiendo la homogeneidad deseada.

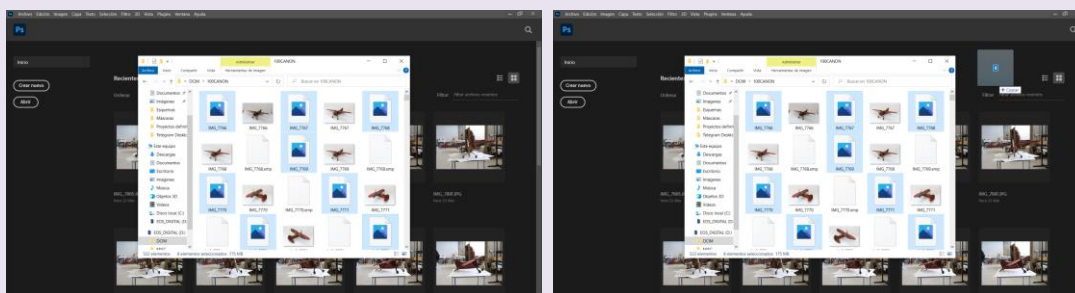


Fig. 46 y Fig. 47: Selección de los archivos RAW y arrastrado hasta la ventana inicial de Adobe Photoshop®.

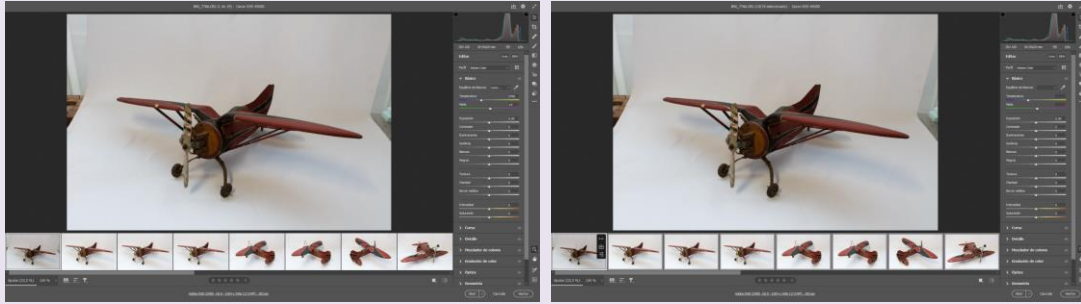


Fig. 48 y Fig. 49: Pantalla inicial de Camera RAW (izqda.) y selección de todos los archivos, ahora rodeados por un borde blanco (dcha.).

Existen muchas formas diferentes de modificar el balance de blancos en programas como Camera RAW y similares. Sin embargo, gracias a la carta de color, este proceso se torna mucho más sencillo: basta con seleccionar el cuentagotas (señalado en la fig. x con un círculo) y dirigir el cursor hacia uno de los recuadros blancos, de entre los situados en la hilera inferior de la carta de color. En este caso, se ha elegido el que se encontraba colocado más hacia la izquierda (resaltado con un pequeño cuadrado en la fig. 50), por ser el que proporcionaba unos valores más equilibrados de rojo, verde y azul (como se indica en la fig. 50). Al seleccionar este matiz como “lo que debería ser blanco” o “neutro”, el software ajustará de manera automática todos los parámetros de temperatura de las imágenes seleccionadas.

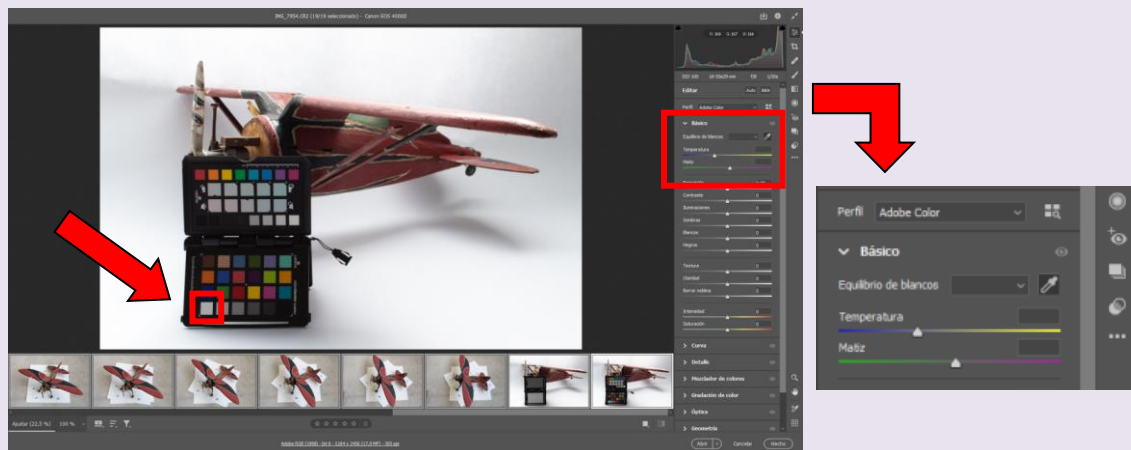


Fig. 50: Recuadro seleccionado como “blanco” o “neutro” durante el revelado de las imágenes (izqda.). A la derecha, herramienta del cuentagotas.

Adicionalmente, el balance de blancos puede ajustarse de forma aún más precisa, empleando también una carta de grises (como ha sido el caso en este trabajo, ya que ayuda también a modular la exposición de las tomas), o bien modificando los valores de temperatura manualmente. Esto se consigue con ayuda de los indicadores de temperatura y matiz que se muestran junto al cuentagotas (fig. 50). El aspecto más importante a tener en cuenta, al realizar el ajuste, es que los valores de rojo, verde y azul se encuentren lo más igualados posible (figs. 52).

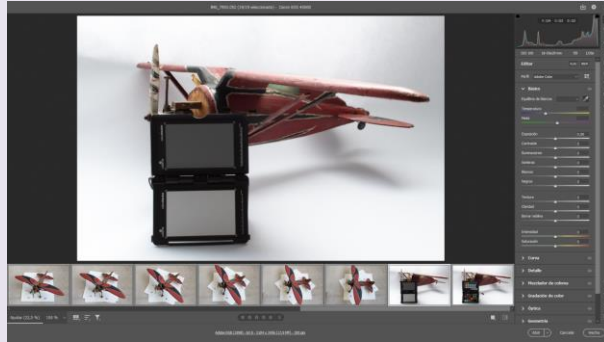


Fig. 51: Fotografías, ya corregidas.

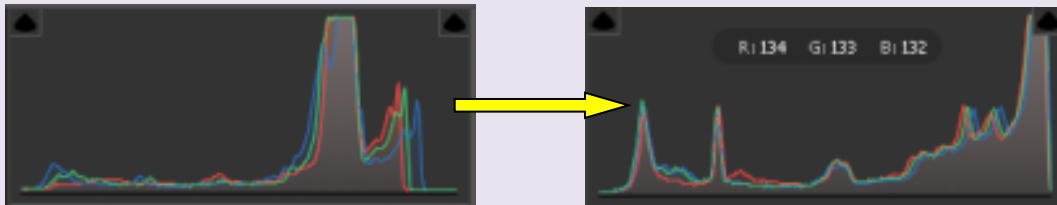


Fig. 52: Esquema que indica los valores RGB antes (izqda.) y después (dcha.) del tratamiento digital. Se observa cómo se ha corregido la separación existente entre los tres colores. Además, en la captura de la derecha se puede observar que los valores numéricos de R, G y B son prácticamente idénticos. Este detalle señala que el balance de blancos se ha llevado a cabo adecuadamente.

Una vez correctamente adecuado el equilibrio de blancos, se selecciona el icono de “descarga” (señalado en rojo en la fig. 53) y, en el menú siguiente, se escoge el formato y la compresión con la que se guardarán las imágenes, entre otras opciones. Tras confirmarlas, se guardarán una serie de archivos en JPG, que contendrán las modificaciones realizadas (almacenadas en un archivo XMP aparte), mientras que los archivos RAW originales se mantendrán intactos. Las fotografías en JPG son mucho más adecuadas para trabajar, debido a que los archivos RAW son demasiado pesados, por la gran información que contienen, y sólo pueden ser leídos y procesados por una reducida cantidad de programas muy específicos.

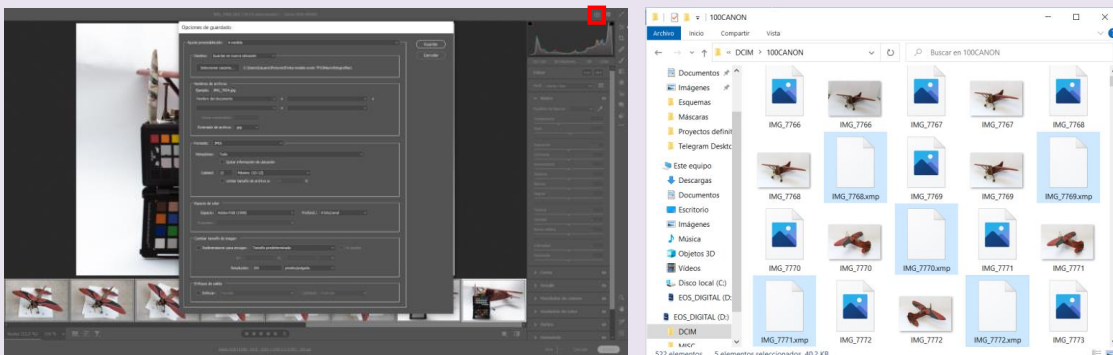


Fig. 53: A la izquierda, descarga de las imágenes ya tratadas, en JPG.

Fig. 54: A la derecha, archivos que contienen las modificaciones realizadas a los archivos RAW.

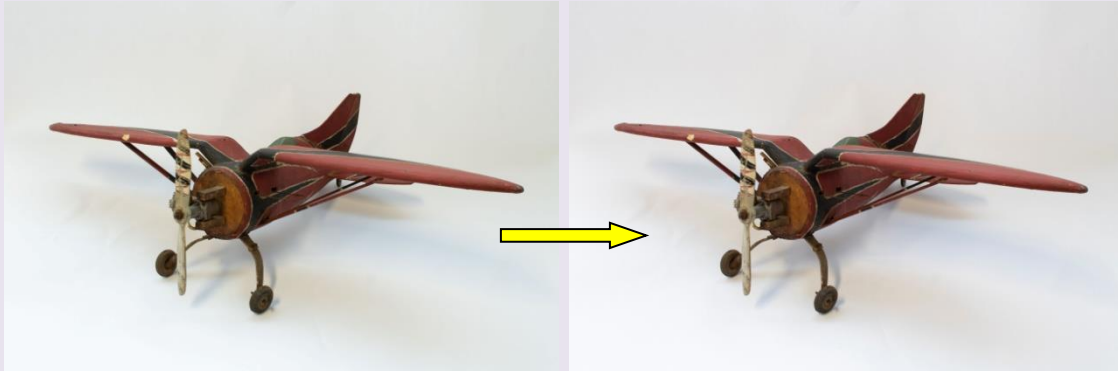


Fig. 55: Comparativa entre la primera toma general, sin editar (izqda.) y tras el revelado (dcha.). La diferencia es sutil, pero se observa cómo, en la imagen sin editar, la iluminación es más oscura y fría, debido a las condiciones ambientales en el momento de la captura. Aunque puede parecer que la imagen es correcta, a simple vista, tras procesarla se percibe que los colores estaban muy apagados en la fotografía primitiva, no coincidiendo con los del propio objeto.

## VI. Mapas de daños

Un mapa de daños es parte crucial de cualquier proyecto o informe de conservación y restauración. Consiste en una representación gráfica de un bien, ya sea bi o tridimensional, en la que se señalan los signos de deterioro que ha sufrido con un código de colores preestablecido.

Para este trabajo se ha optado por realizar un mapa de daños tanto en dos como en tres dimensiones. El propósito principal ha sido la obtención y representación de la mayor cantidad de información posible, tanto a nivel estructural de la propia pieza como de los deterioros que le aquejan. Sin embargo, emplear ambos tipos de documentación también ha resultado muy útil para poder llevar a cabo una comparativa de los datos que cada método es capaz de aportar. En base a la morfología de cada pieza concreta, un tipo específico de documentación puede ser capaz de mostrar la información de manera más adecuada que otro, por lo que siempre es conveniente plantear varias formas de representación.

En el caso de los mapas bidimensionales, se suelen incluir varias vistas de la pieza, debido a la imposibilidad de abarcar la totalidad de su superficie en un solo plano. En todas se respeta la escala y extensión de los daños, así como los colores escogidos para representar cada uno de los perjuicios. Debe procurarse que los colores generen contraste y que no se confundan, para una comprensión más rápida, sencilla y coherente de la información.

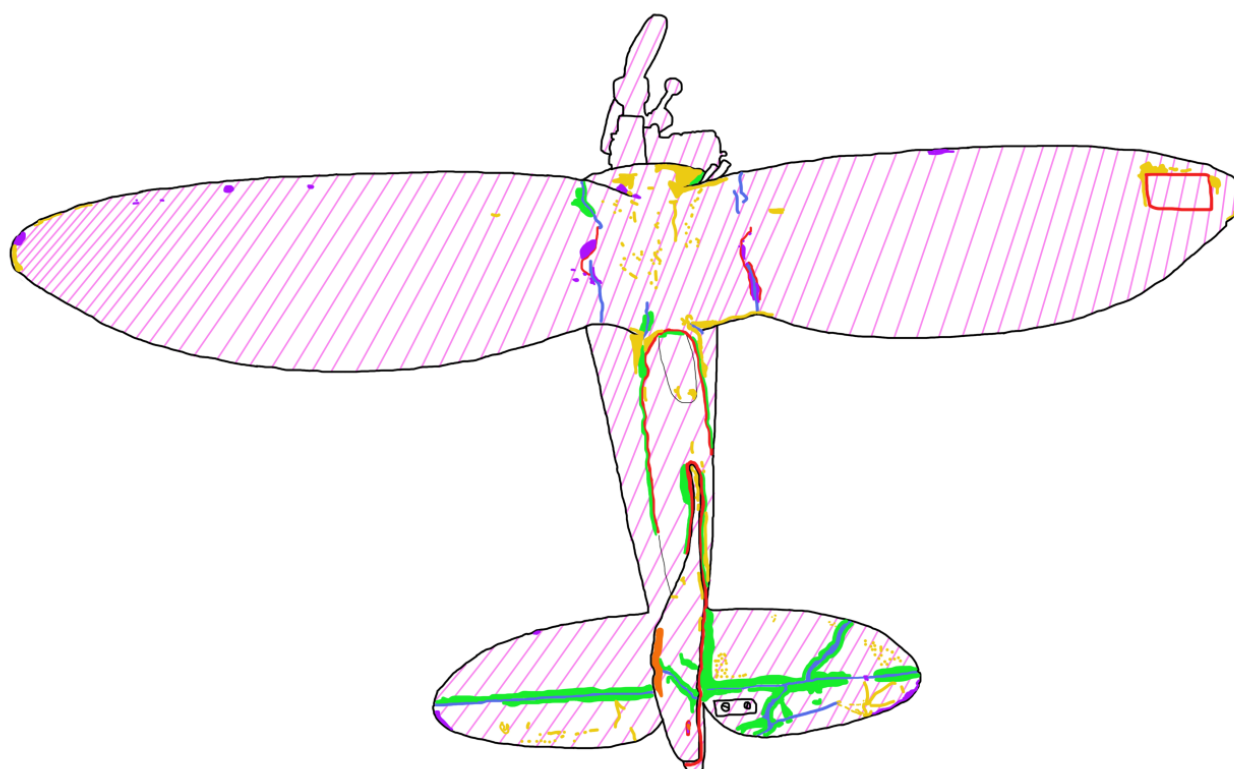
Si bien se realizaban inicialmente a mano, hoy en día existen multitud de opciones para la realización de mapas de daños con medios digitales, como editores de imágenes y aplicaciones de dibujo con tabletas, que permiten un resultado mucho más pulcro y visualmente más atractivo. En este trabajo, por ejemplo, se ha utilizado Adobe Photoshop®.

Con los avances tecnológicos actuales, no obstante, hoy resulta posible obtener una representación fidedigna de casi cualquier bien en tres dimensiones, por medio de una

técnica bautizada como “fotogrametría”. El proceso de obtención del mapa tridimensional contará con su propia sección, a continuación de los mapas bidimensionales.

Para los mapas de daños en dos dimensiones se han utilizado dos fotografías cenitales de la pieza, una de la mitad superior y otra de la inferior, como base. Gracias a las posibilidades que ofrece Adobe Photoshop®, como añadir diferentes capas y utilizar varias clases, colores y grosores de pinceles, se ha conseguido realizar unos mapas claros, concisos y con la información dispuesta de la manera correcta, un aspecto normalmente pasado por alto pero de extrema importancia documental.

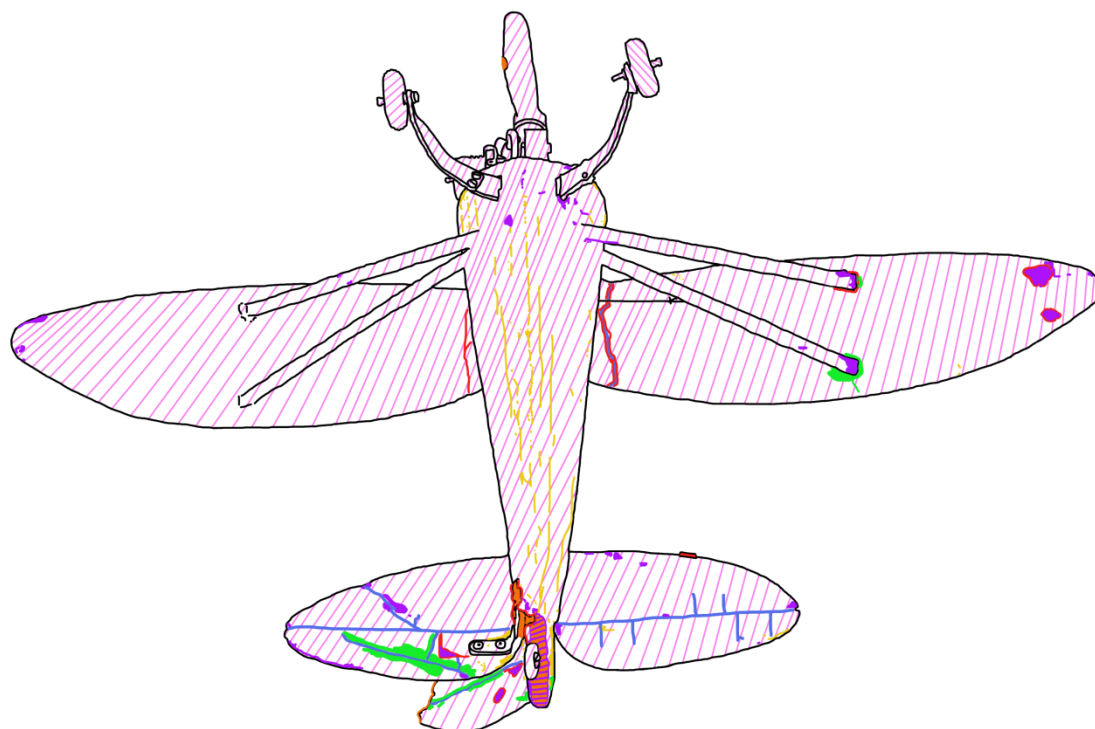
En este apartado se muestran los resultados, junto a su leyenda de colores correspondiente:



- Suciedad superficial
- Grietas/fracturas
- Restos de adhesivo
- Desprendimientos
- Lagunas estructurales
- Lagunas de policromía
- Desgastes de la capa pictórica

Ilustración 1: Mapa de daños, correspondiente a la mitad superior de la pieza, y su leyenda.












	Suciedad superficial
	Grietas/fracturas
	Restos de adhesivo
	Desprendimientos
	Lagunas estructurales
	Lagunas de policromía
	Desgastes de la capa pictórica

Ilustración 2: Mapa de daños, correspondiente a la mitad inferior de la pieza, y su leyenda.

## VII. Proceso de fotogrametría

La fotogrametría, tal y como la define el Ministerio de Cultura y Deporte del Gobierno de España, es “una técnica usada para documentar, con la mayor precisión, bienes del Patrimonio Cultural [...]”. Consiste, de forma sencilla, en la obtención de modelos tridimensionales a partir de una serie de fotografías de la pieza en cuestión. Continuando con la definición del Ministerio de Cultura, “[...] se parte de la restitución de pares de

fotografías que forman modelos estereoscópicos [...]. El resultado es un documento gráfico en 3D del objeto, en el que se puede confiar a la hora de trabajar en su restauración”.

Aunque comenzó, principalmente, como una forma efectiva de documentar el Patrimonio Arquitectónico y Arqueológico (dadas su gran envergadura y su delicadeza, respectivamente), con el paso de los años se ha ido extendiendo su uso a toda clase de Patrimonio Cultural. Esto se debe a que permite analizar e investigar una gran variedad de piezas de forma segura, sin tener que manipularla en exceso y, por ende, sin provocarles un deterioro innecesario ni ponerlas en peligro mientras se les documenta. Este aspecto resulta de gran utilidad cuando se trata con una obra de especial fragilidad, como la que protagoniza este Trabajo de Fin de Grado. También permite, a nivel divulgativo, ofrecer una visión mucho más detallada del objeto, además de posibilitar el crear modelos con diferentes texturas, para mostrar una mayor variedad de información con un mismo modelo, permitiendo un mayor y mejor nivel de entendimiento por parte del receptor.

Si nos remontamos a las referencias utilizadas para dar soporte teórico a este trabajo, destaca también el concepto de la “Conservación informacional” (Muñoz Viñas, 2003), que se basa en la acción de obtener y preservar la información contenida en uno o varios bienes culturales concretos por distintas vías, ya que esta es considerada de más valor que el propio objeto. Sin embargo, para poder conservar adecuadamente esa información, muchas veces se hace necesario restaurar el bien que la contiene de forma tangible y física.

Dentro de su definición se describen las identidades objetual y operativa que muchos bienes susceptibles de restaurarse comparten. Continuando por esta vía, la “identidad operativa” que Muñoz Viñas menciona contempla la utilización de nuevos soportes de información para la conservación de la información que pueda poseer un bien cultural, centrándose en la digitalización de diversas clases de bienes y en las ventajas, a nivel de preservación, que estas pueden aportar (principalmente, reducir al mínimo la manipulación de piezas delicadas o muy deterioradas, mientras que se posibilita su exhibición e investigación sin contribuir a su deterioro).

En el contexto de este trabajo, se ha optado por realizar una fotogrametría por varias razones, siendo la primera el estado de precariedad general de la pieza, que presentaba un estado de conservación deplorable. Esta técnica de documentación ha posibilitado llevar a cabo una investigación más profunda de su estado, sin ponerla en una situación de riesgo, así como mostrar a cualquier persona que así lo desee una visión más realista y fidedigna del bien y su deterioro, más allá de la información que podría ofrecer un mapa de daños bidimensional. A continuación, se describe todo el procedimiento seguido, desde la captura de las imágenes hasta la obtención de los modelos finalizados. Para la conformación del modelo se ha empleado el programa Agisoft Metashape Pro® (“Metashape”) mientras que, para su tratamiento y edición, se ha contado con el programa de código abierto Blender®.

## **1) Fotografías**

Para llevar a cabo este proceso, el primer paso (y uno de los más importantes, para la obtención de un resultado satisfactorio) ha sido sacar las fotografías. Para conseguir un buen modelo fotogramétrico, se necesita registrar una elevada cantidad de imágenes, que deben irse sacando en círculos, alrededor de la figura y desde diferentes perspectivas. Estas deben contar, además, con una iluminación y enfoque adecuados, para su correcta lectura por parte de Metashape.

La razón de capturar a la pieza desde varios ángulos nace de la imposibilidad de conseguir toda la información necesaria del objeto desde un único punto de vista. Como añadido, y este es un aspecto que debe tenerse en gran consideración para cualquier modelo fotogramétrico, las fotografías deben solaparse entre sí, como mínimo, un 60%, para que el programa que las procese pueda formar un plano sólido y continuo de la pieza capturada, construyendo adecuadamente el modelo.

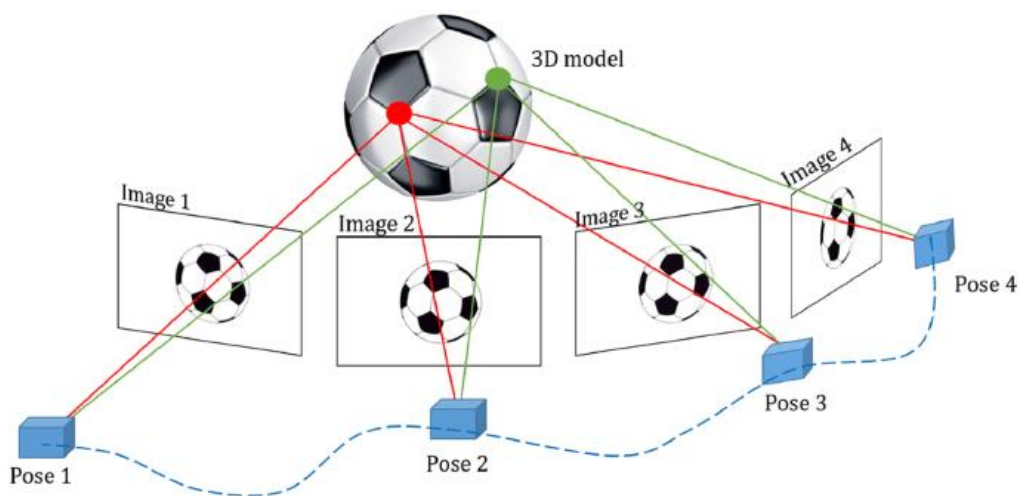


Ilustración 3: Esquema de la captura de un modelo tridimensional [Ilustración], por Azzam, R., Taha, T., Huang, S. et al., 2020, SpringerLink (<https://link.springer.com/article/10.1007/s42452-020-2001-3>). RightsLink®. En la imagen, el cubo azul se correspondería con la posición de la cámara. Las tomas deberían solaparse, idealmente, un 60% o más.

Para la obtención de este prototipo, se ha optado por sacar una vuelta (o *loop*, en jerga, que designa a una serie de fotografías capturadas 360° alrededor del objeto) desde una perspectiva cenital, colocando la obra al derecho y al revés; y desde una frontal. Esto ha generado tres series de fotografías diferentes: una para la parte superior del objeto, otra para la porción inferior, y una última para la zona central. Todas han sido necesarias para capturar con detalle la superficie de las zonas superior e inferior, así como de todas aquellas partes intermedias que, por la elevada altura de la cámara, no hubiesen sido convenientemente registradas con los dos primeros *loops*.



Fig. 56 y Fig. 57: Condiciones de toma de las fotografías, en el taller. Se mantuvo la cámara fija y se fue rotando el objeto, ya que resultaba más sencillo.

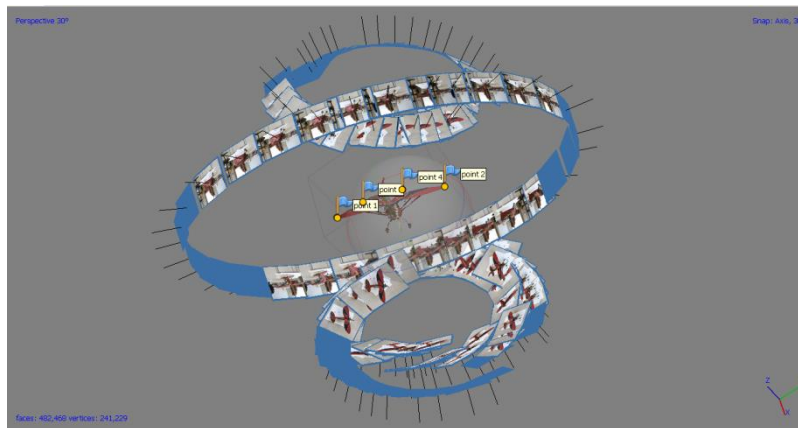


Fig. 58: Captura de pantalla de Metashape, en la que se observan las imágenes capturadas, ya alineadas. El programa es capaz de detectar el recorrido de cada *loop* y de posicionar las tomas adecuadamente en el espacio, de modo que es posible saber desde dónde fueron sacadas las fotografías.

Una vez tomadas las fotografías, se probó a formar un modelo sin haberlas tratado primero, sin éxito. Las últimas versiones del Metashape permiten construir modelos a partir de archivos JPG sin modificar, si las fotografías son lo suficientemente claras y están bien realizadas, pero este no fue el caso para esta pieza. Es por ello que se optó por la realización de “máscaras”.

## 2) Máscaras

Las máscaras (del inglés *masks*), consisten en imágenes en formato TIFF (o cualquier formato que permita guardar diferentes capas en un mismo archivo) que ayudan a Metashape a orientar y juntar adecuadamente las fotografías capturadas, para una conformación óptima del modelo 3D. Se suelen emplear cuando el programa es incapaz de interpretar las imágenes de manera correcta por sí solas, a modo de guía o ayuda para su alineado. Es por ello que las máscaras suelen tratarse de la silueta “recortada” del objeto, de modo que el programa no tenga otra información que extraer que no sea la propia pieza, ayudando enormemente a la creación del modelo tridimensional.

Para crear estas máscaras se utiliza Adobe Photoshop®. El primer paso, tras abrir el programa, consiste en importar la imagen de la que se obtendrá la máscara para, a continuación, utilizar la herramienta “lazo poligonal” para seleccionar la silueta del objeto (figs. 59 a 64).

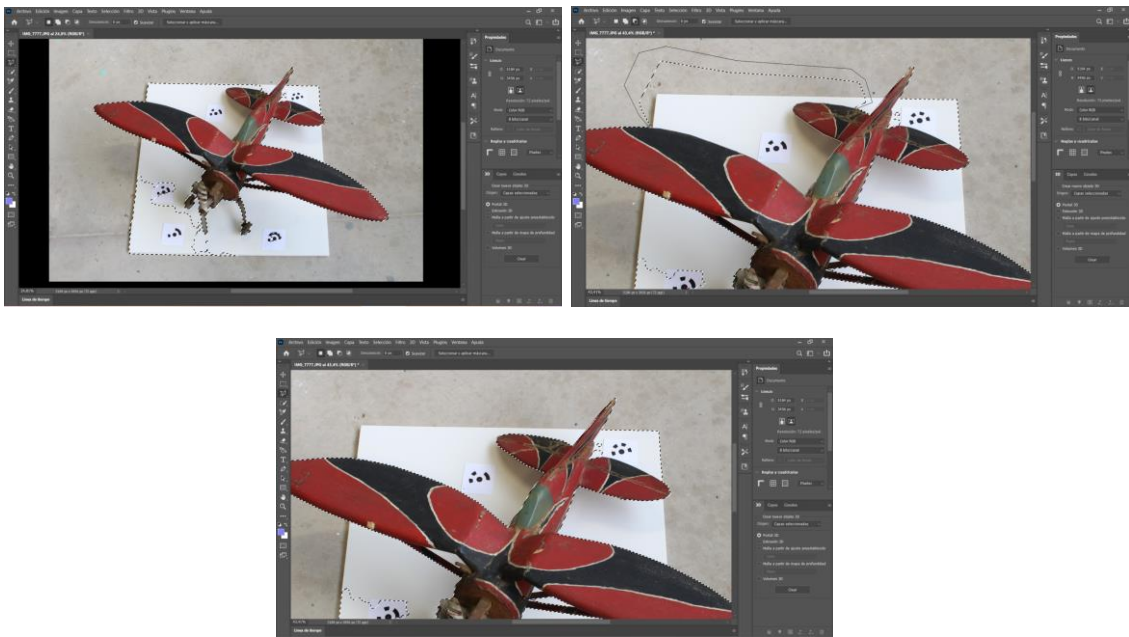
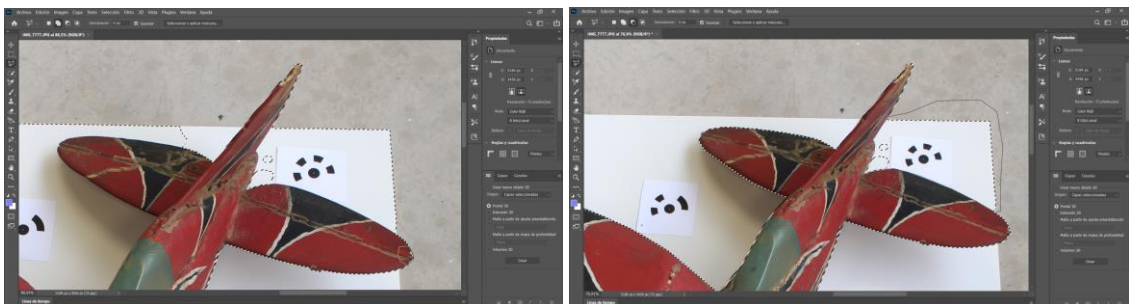


Fig. 59, Fig. 60 y Fig. 61: La mayoría de las máscaras se han llevado a cabo escogiendo la opción de “Selección” y, a continuación, “Sujeto”. Esta herramienta es capaz de distinguir el perímetro del objeto fotografiado con un relativo grado de exactitud, como se observa en la primera captura, lo que ahorra tiempo de procesado. Después, se han corregido las zonas erróneas manualmente, utilizando el lazo poligonal y seleccionando los puntos a corregir, además de dibujar la silueta correcta en el mismo trazo, manteniendo pulsada la tecla “Alt” (segunda imagen). Este comando le indica al programa que debe “restar” o, en otras palabras, reducir el perímetro seleccionado, para adaptarse adecuadamente a la silueta del objeto protagonista. El resultado es el que se observa en la tercera captura.



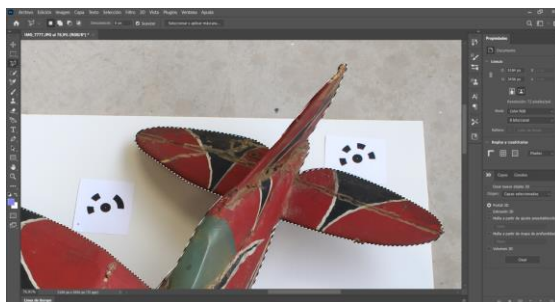


Fig. 62, Fig. 63 y Fig. 64: Aquí se ha seguido el mismo procedimiento, seleccionando la esquina (una zona errónea) y, además, la silueta de la cola (que sería lo correcto). Debe ponerse especial cuidado en repasar bien el perímetro de lo que se quiere seleccionar, para obtener el mejor resultado posible. Otro método consiste en utilizar el lazo poligonal sin más, delimitando el objeto manualmente, pero suele ser un proceso más costoso.

Una vez repasada la silueta del bien, el siguiente paso es crear un “canal alfa”. Un canal alfa, en fotografía, se trata de un concepto que define la opacidad de un píxel, permitiendo componer un fondo completamente opaco a partir de una imagen convencional (Animaudiovisual, 2019).

De forma breve, una fotografía posee, de forma normal, tres canales diferentes: R, G y B (*red*, *green* y *blue*, por sus siglas en inglés), que establecen la cantidad de rojo, verde y azul de cada píxel, formando los diferentes colores de una imagen. Al añadir un canal alfa, este establece el grado de opacidad que tendrá un píxel concreto, permitiendo “encender” o “apagar” píxeles de manera selectiva, de modo que otros programas los interpreten como una masa sólida o, por el contrario, no los tengan en cuenta en absoluto. Normalmente, el canal alfa representa a los píxeles “encendidos” de color blanco, indicando que todos los canales de esos píxeles se encontrarían a su máxima intensidad, ocurriendo lo contrario para los píxeles “apagados”, de color negro, que serían interpretados como transparentes.



Fig. 65: Ejemplo de un canal alfa, correspondiente a una de las máscaras realizadas.

En este caso, el canal alfa de las máscaras ayuda a Metashape a distinguir qué pertenece al objeto y qué no (es decir, qué debe formar parte de un modelo y qué no), permitiéndole formar un prototipo más exacto y con menor margen de error.

Para crear un canal alfa en Photoshop®, basta con hacer clic en la pestaña “Canales”, en la zona inferior derecha, y pulsar en el icono de la cámara señalado en la fig. 66. Una vez creado este canal alfa, puede proceder a guardarse la imagen en formato TIFF, que soporta

la adición de canales que no sean los usuales R, G y B. Este formato también cuenta con una compresión menor y, además, preserva una mayor calidad de imagen, aspecto muy importante también para la fotogrametría.

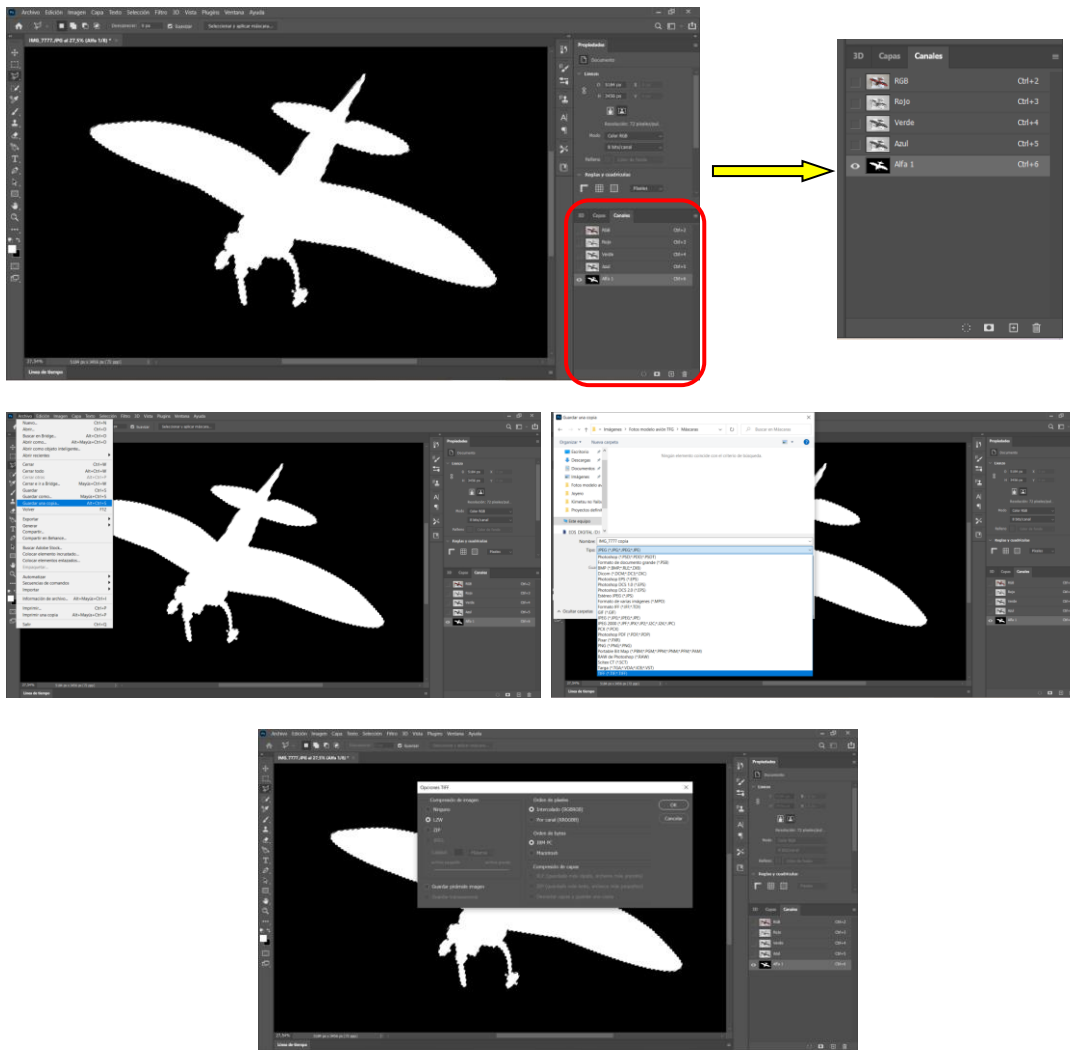


Fig. 66, Fig. 67, Fig. 68 y Fig. 69: Proceso de adición de un canal alfa y guardado de una máscara, en formato TIFF.

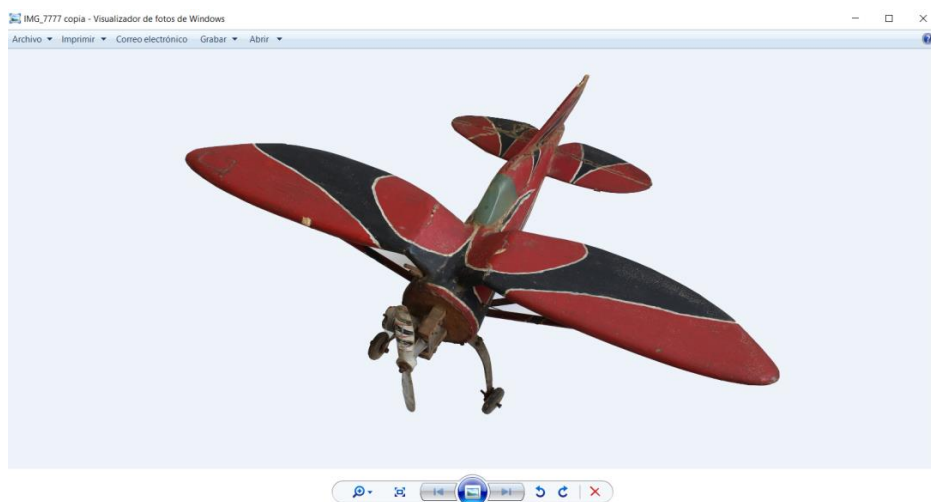


Fig. 70: Ejemplo de una máscara terminada.

Este procedimiento debía llevarse a cabo con cada una de las tomas individuales de cada *loop*.

### 3) Creación del modelo 3D

Una vez finalizadas todas las máscaras, deben importarse a Metashape para poder construir el modelo. Dado que se han llevado a cabo tres *loops* diferentes, el prototipo se conformará de tres partes (o *chunks*, como los denomina el programa), que se fusionarán *a posteriori* para formar el modelo al completo. Es por ello que se llevará a cabo el procedimiento descrito a continuación tres veces, con cada uno de los *loops* centrales y con el central, respectivamente, para su ulterior unión.

El primer paso, una vez abierto el programa, consiste en pulsar el botón derecho del ratón en la parte derecha de la interfaz, en la que se cargan las fotografías (fig. 71), y pulsar en *Add Photos* (“añadir fotografías”). En el submenú siguiente, deben seleccionarse todas las máscaras realizadas (fig. 72) y pulsar “Abrir”, para incluirlas en Metashape.

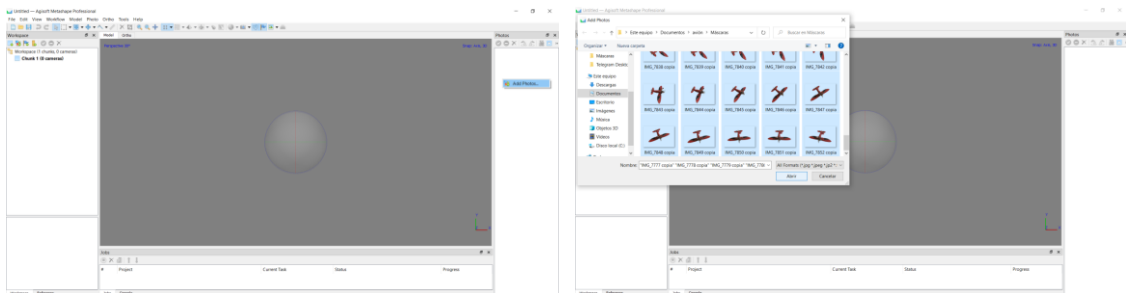
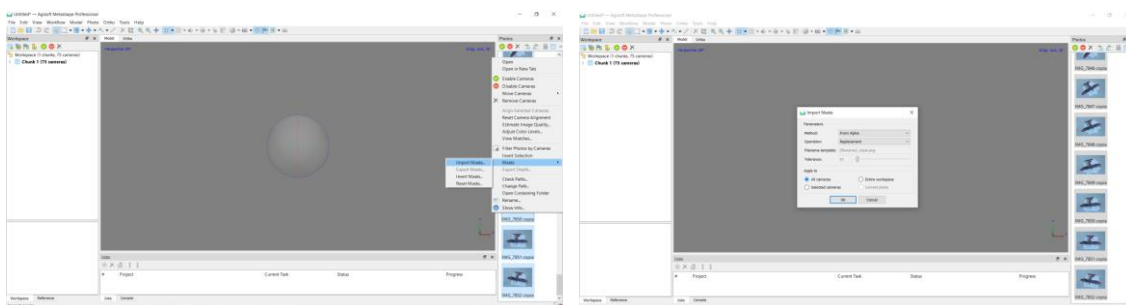


Fig. 71 y Fig. 72: Interfaz inicial de Metashape (izqda.) y máscaras seleccionadas (dcha.), para importarse al programa.

Sin embargo, esto sólo incluye a las capturas en formato JPG. Para trabajar con las máscaras, debe indicársele a Metashape que quiere utilizarse también el canal alfa de los archivos. Para ello, ya dentro del programa, deben volver a seleccionarse todas las imágenes importadas y pulsar el botón derecho del ratón, escoger *Masks* (“Máscaras”) y, dentro de esta opción, *Import masks* (“Importar máscaras”, figs. 73, 74 y 75). Esto incluirá la capa correspondiente al canal alfa en todas las fotografías, permitiendo a Metashape acceder a su información y utilizarla convenientemente.





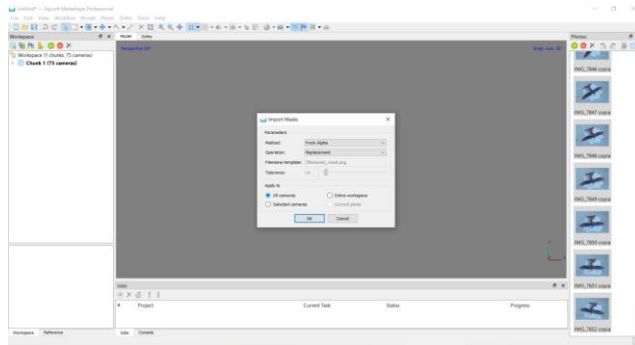


Fig. 73, Fig. 74 y Fig. 75: Proceso de inclusión del canal alfa de las máscaras en Metashape.

### 3.3) Alineado y nube de puntos

Ya con las máscaras importadas, el primer paso para la construcción del modelo es alinearlas (fig. 76). Mediante este proceso, el software colocará cada imagen en su lugar correspondiente, en base a sus coordenadas de captura, y obtendrá la información que pueda recabar de cada una, conformando un “modelo preliminar” o “nube de puntos” (fig. 77). Este prototipo se encuentra compuesto de miles de puntos de diferentes colores, representativos de la información que el programa ha podido recabar a partir de las imágenes fotografiadas.

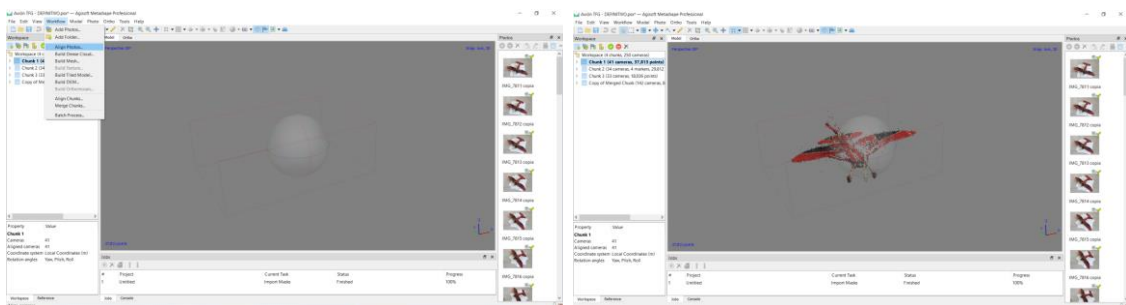


Fig. 76 y Fig. 77: Menú de Flujo de trabajo, con la opción para construir la nube de puntos resaltada en azul (izqda.) y nube de puntos completada (dcha.)

### 3.4) Nube de puntos densa

Tras comprobar que no existían anomalías o errores en este primer modelo (en cuyo caso, deberían corregirse antes de continuar), debe construirse una “nube de puntos densa” (fig. 79), más representativa del aspecto final que presentará el prototipo, y que permite una variedad de opciones de modificación y refinamiento más variadas que la nube de puntos inicial.

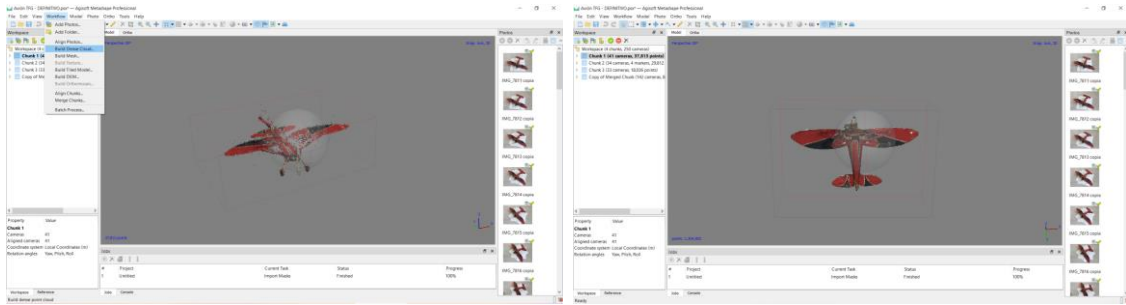


Fig. 78 y Fig. 79: Localización de esta opción en el menú, en azul (izqda.) y nube de puntos densa finalizada (dcha.).

En este caso, la nube de puntos densa nos ha permitido identificar que Metashape ha construido una geometría que no existe, a la cual se le suele llamar “basura”, coloquialmente, y que consiste en una serie de puntos que estorban y que impiden la correcta representación del objeto elegido (fig. 80). Esta “basura” suele provenir de información que el software ha interpretado de forma errónea, a partir de ciertos elementos de las fotografías, pero que puede eliminarse de manera muy sencilla. Esto puede llevarse a cabo tanto de forma manual (seleccionando y borrando los puntos, un proceso largo, costoso y que puede llevar a errores) como empleando filtros, que el programa pone a disposición del usuario para realizar un trabajo más generalizado, refinado y veloz de limpieza del modelo.

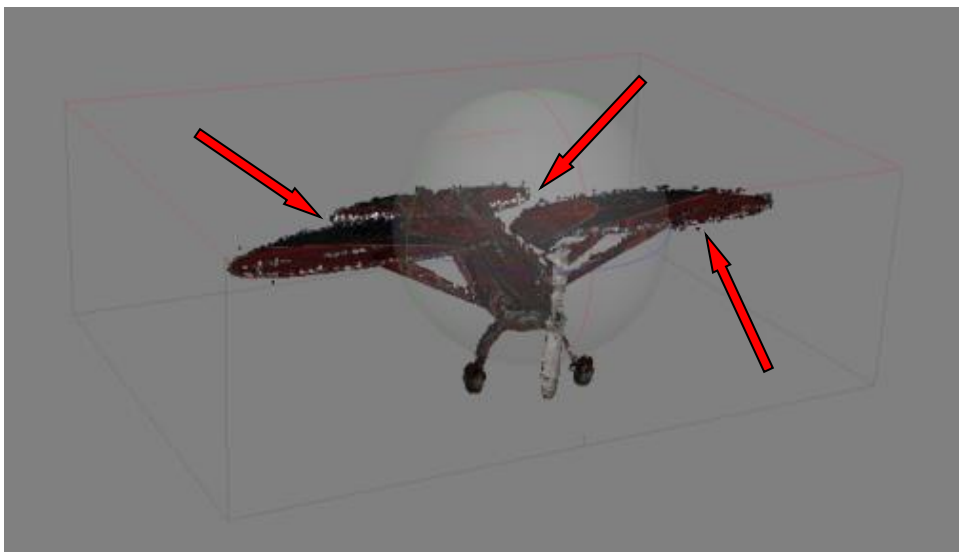


Fig. 80: Captura que muestra uno de los chunks, correspondiente a la mitad inferior del objeto, y toda la “basura” que Metashape ha creado sobre sus bordes (señalados con flechas rojas). En este caso, los defectos se han representado mediante un conjunto de píxeles de color blanco, pero en cada modelo puede ocurrir de forma completamente diferente.

Uno de estos filtros es el llamado *Confidence filter* (o “Filtro de confianza”), mediante el cual Metashape determina qué puntos forman parte del objeto y cuáles no, en función de su proximidad al centro de la figura y de su correspondencia con las fotografías. Aunque el programa puede cometer fallos de interpretación, este filtro suele funcionar correctamente y permite obtener un resultado mucho más sutil y con gran rapidez, en comparación a otros sistemas de limpieza de modelos 3D.

Para utilizar este filtro, primero debe haberse construido la nube densa, ya que es una opción específica para ella. Una vez se ha llegado a esta fase, debe seleccionarse el menú *Tools* (“Herramientas”), en la barra de opciones superior y, dentro de este, *Dense cloud*

(“nube densa”) y, seguidamente, *Filter by Confidence* (“Filtrar por Confianza”, fig. 81). Al utilizar esta opción, la apariencia de la nube densa cambiará, mostrando un gradiente que irá desde el azul oscuro hasta el rojo (fig. 82). Los matices más cercanos al rojo, este inclusive, indican que Metshape considera que esos puntos no forman parte del modelo.

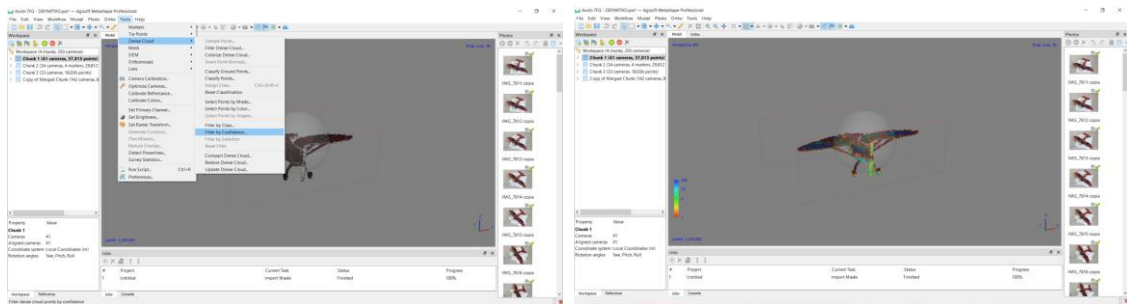


Fig. 81 y Fig. 82: Selección del Filtro de Confianza (izqda.) y aspecto del modelo al utilizar la herramienta (dcha.), donde se observa claramente el gradiente tonal.

Este filtro posibilita el eliminar la “basura” del modelo de manera automática y sencilla, sin afectar al resto de su estructura. Para ello, al seleccionar *Filter by Confidence*, se mostrará una pantalla como la de la fig. 83, en la que deberá indicarse el nivel de limpieza al que quiere llegarse (siendo 1, en rojo, el mínimo y , en azul oscuro, el máximo). Para el nivel de basura que presenta este modelo, basta con limpiar sólo la parte de color rojo, por lo que se ha establecido el máximo como 1 y el mínimo como 0, lo cual ha generado una pantalla como la de la fig. 84, en la que sólo se ven los puntos correspondientes a esa sección.

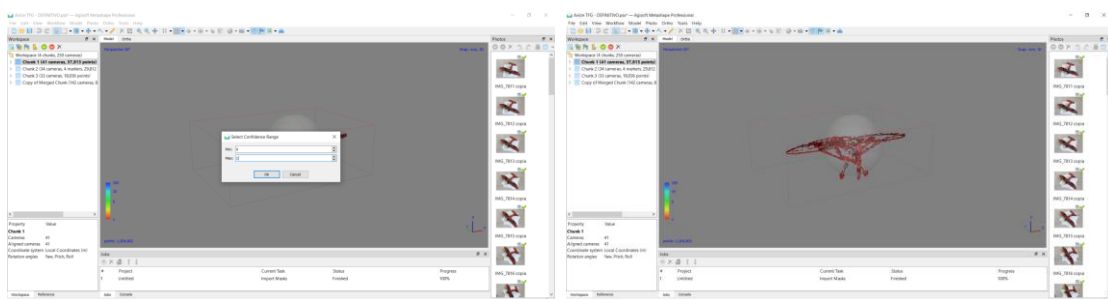
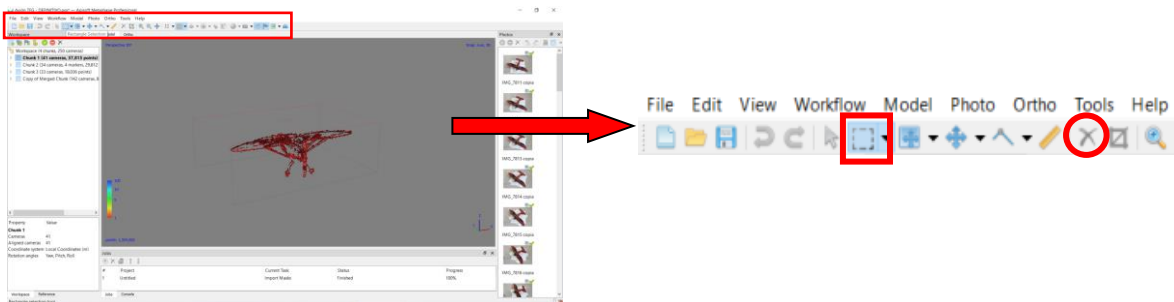


Fig. 83 y Fig. 84: Establecimiento del nivel de intensidad del filtro (izqda.) y apariencia de la estructura a limpiar (dcha.).

Para eliminar estos puntos, debe cambiarse la función del cursor de “mover” a “seleccionar” (como indica la fig. 85, bajo este párrafo), delimitar la totalidad de los puntos que se muestran en la pantalla (fig. 86, una vez seleccionados), y borrarlos, pulsando la opción con forma de cruz que se muestra en la fig. 85, indicada con un círculo.



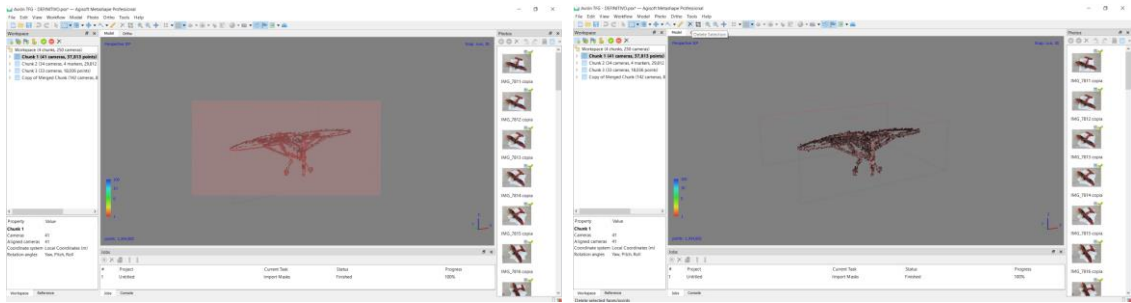


Fig. 85, Fig. 86 y Fig. 87: Cambio de función del cursor (arriba) selección de la zona a suprimir (abajo, izqda.) y estructura ya seleccionada (abajo, dcha.). Para indicar que se ha seleccionado un modelo o parte de él, Metashape lo resalta de un color rosa pálido, como se observa en la captura inferior derecha.

Para recuperar el resto del modelo, ya limpio, se seleccionará *Tools, Dense Cloud* y, dentro de este submenú, *Reset Filter* (“reiniciar filtro”), para mostrar los puntos restantes (figs. 90 y 91). Puede repetirse este procedimiento tantas veces como sea necesario, hasta obtenerse el resultado deseado. En este caso, sin embargo, fue suficiente con utilizar el filtro una vez.

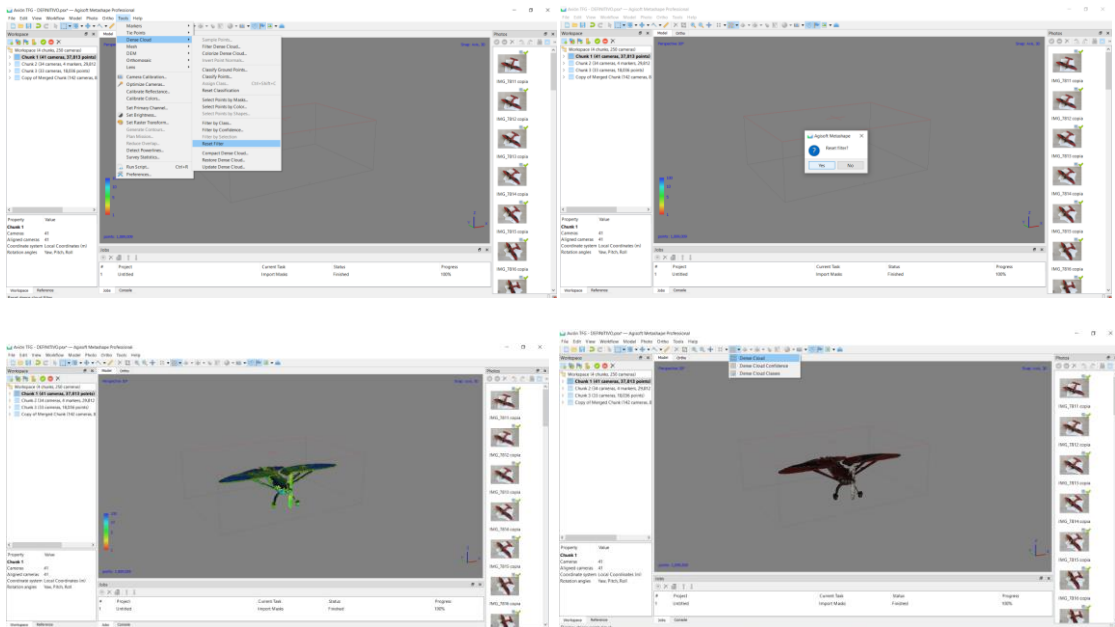


Fig. 88, Fig. 89, Fig. 90 y Fig. 91: Restablecimiento del modelo, tras la limpieza, y resultado.

Ya creada la nube densa del *chunk 1*, correspondiente a la parte inferior de la pieza, se repitió todo el proceso para los *chunks 2* y *3*, centrados en la parte superior y central, respectivamente. En este punto, con las tres partes del objeto convenientemente procesadas, el siguiente paso consiste en unir las para construir un único modelo.

### 3.5) Alineado y fusión de chunks

Aunque Metashape tiene la capacidad de aunar varias nubes de puntos de manera bastante acertada por sí mismo, debe procurarse que la fusión se realice de la manera más exacta posible, para un resultado óptimo. Para este fin, Metashape dispone de métodos

que permiten, de manera manual, ayudar al software a identificar puntos comunes y, por ende, establecer cómo llevar a cabo la unión de todas las partes de forma correcta.

Una de las opciones más utilizadas conlleva el establecimiento de puntos comunes en cada uno de los *chunks*, de modo que el programa acuda a ellos como referencia para orientarlos y unirlos correctamente. Aunque se trata de un proceso tedioso, dependiendo del número de puntos que deban marcarse, suele conseguirse un resultado muy satisfactorio al utilizarlo, por lo que vale la pena emplear tiempo en hacerlo adecuada y pormenorizadamente.

Para marcar estos puntos debe seleccionarse un *chunk*, posicionarse el cursor en el lugar que se desea marcar, presionar el botón derecho y escoger *Add Marker* en el menú que aparecerá. En el lugar del cursor, se mostrará un círculo amarillo y una bandera azul, con un pequeño letrero que rezará *Point 1* (“Punto 1”). Ahora, para elegir con qué punto de los otros *chunks* se corresponderá, debe cambiarse al *chunk 2* y seguir los mismos pasos, al igual que para el *chunk 3*. Una vez señalado el mismo punto común en todos los *chunks*, se vuelve a seleccionar el primero de todos, se elige otro enclave y se repite el mismo proceso, esta vez para el “Punto 2”. Estos mismos pasos deberán realizarse de forma sucesiva con todos los puntos, hasta establecer todos aquellos que se consideren necesarios (figs. 92 y 93).

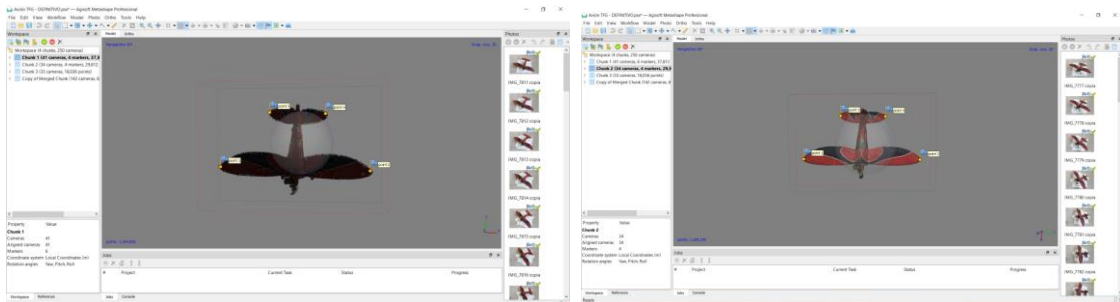


Fig. 92 y Fig. 93: Puntos comunes en los *chunks* 1 y 2, antes de su unión.

Después de señalar adecuadamente todos los puntos, deben alinearse todos los *chunks* (figs. 94 y 95) antes de unirlos. Tras elegir *Align chunks* (“Alinear *chunks*”), deben seleccionarse todos en el menú que aparece y escoger *Marker based* (“basado en marcadores”) en el método de detección, como se muestra en la fig. 95, para que el programa emplee los puntos elegidos y los tenga como referencia.

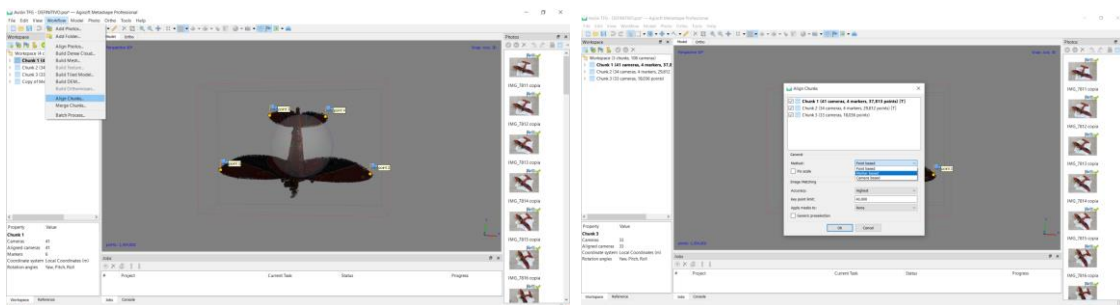


Fig. 94 y Fig. 95: Alineado de los *chunks*.

Después de unos pocos segundos, puede elegirse la opción de *Merge chunks* (“Fusionar *chunks*”, fig. 96) para, finalmente, aunar todos los *chunks* en uno solo. Tras finalizar este

proceso se creará un nuevo *chunk*, que aparecerá debajo de los demás, y que podrá ser procesado y tratado de la misma forma que sus predecesores (figs. 98 y 99).

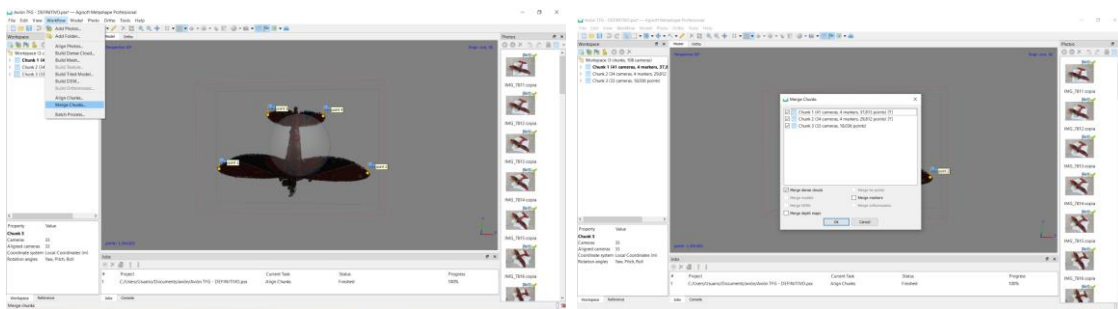


Fig. 96 y Fig. 97: Fusión de *chunks*.

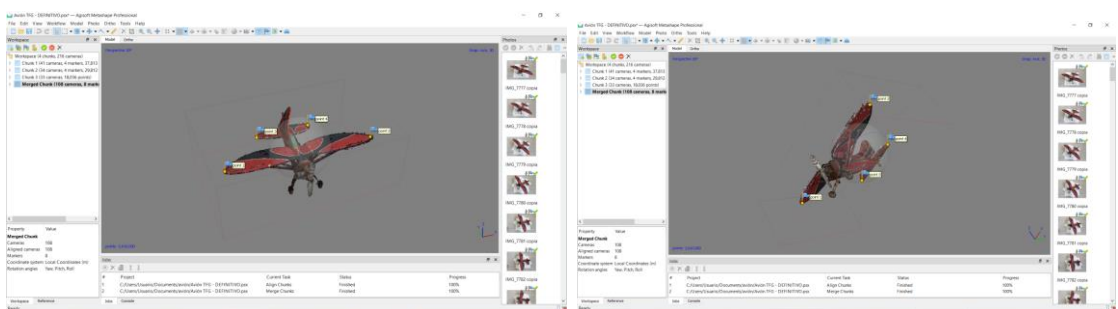


Fig. 98 y Fig. 99: *Chunks* fusionados, vistos desde arriba (izqda.) y desde abajo (dcha.).

### 3.6) Construcción de la malla

Una vez se ha obtenido una nube densa del *chunk* fusionado y se ha limpiado convenientemente, puede comenzarse con la parte final de la construcción del modelo: crear la malla. Una malla, en computación, consiste en un conjunto de polígonos (generalmente, triángulos o cuadrados) que ayudan a la construcción, modificación y comprensión de la forma de un objeto tridimensional por parte de un software informático. Aunque Metashape no permite la edición de mallas de forma libre, sí que posibilita su creación, para su posterior modificación con programas externos. De hecho, sin la malla no puede “trasladarse” el prototipo creado a otros programas, ya sea con el propósito de editarlos o, simplemente, mostrarlos, por lo se trata de un paso crucial en la compleción del modelo.

Para crear la malla, basta con seleccionar la opción de *Build Mesh* (“Construir Malla”, fig. 100) y pulsar “OK”, sin modificar las opciones que vienen por defecto en el menú siguiente (fig. 101). Como la malla contiene errores de construcción, en forma de agujeros y faltas en su estructura, Metashape posibilita paliar estos fallos mediante la opción de *Close Holes* (“Cerrar agujeros”), dentro del menú *Tools*. Sin embargo, este método no suele ser efectivo para agujeros de pequeño formato, ni tampoco es capaz de construir adecuadamente la geometría de los de mayor tamaño, por lo que se hace imperativo modificar su estructura en fases posteriores del modelado, con ayuda de otro programa. Esto ocurre porque los polígonos que emplea Metashape son demasiado simples y cuentan con muy pocos

vértices y aristas, dificultando que los agujeros cerrados con este método se adecúen correctamente al resto del modelo.

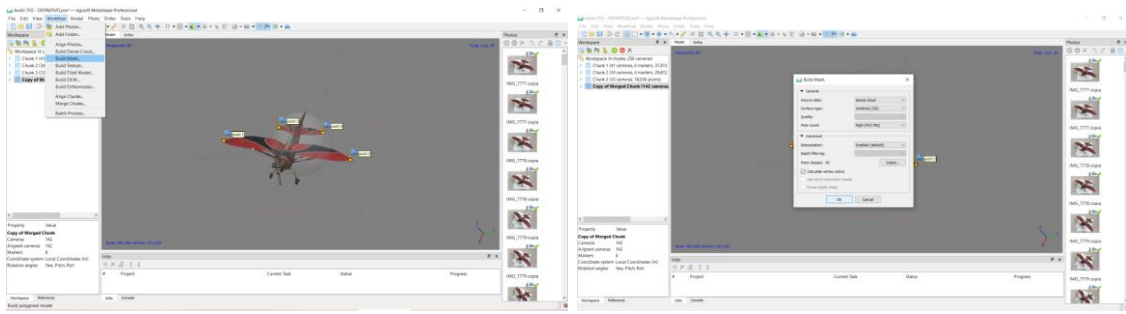


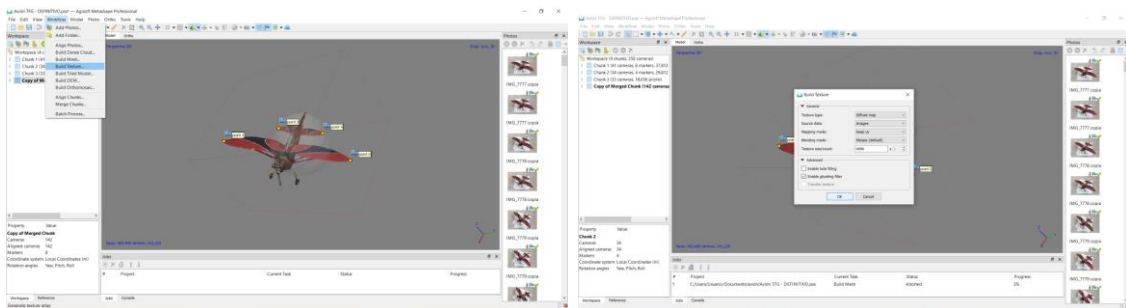
Fig. 100 y Fig. 101: Proceso de construcción de la malla.



Fig. 102: Malla finalizada.

### 3.7) Textura

Como colofón, y una vez obtenida la malla, solamente resta crear la textura del modelo. La textura, en informática, consiste en una imagen (en formato JPG o PNG, preferiblemente) que muestra el aspecto de un objeto digital. La textura es necesaria para que otros programas sean capaces de comprender y mostrar correctamente la apariencia de los modelos tridimensionales. En el caso de Metashape, construirla es sencillo: dentro del menú *Workflow* ("Flujo de trabajo", en el que se encuentran casi todos los procesos llevados a cabo con anterioridad), debe seleccionarse *Build Texture* ("Construir Textura", fig. 103) y elegir las opciones que muestra la fig. 104.



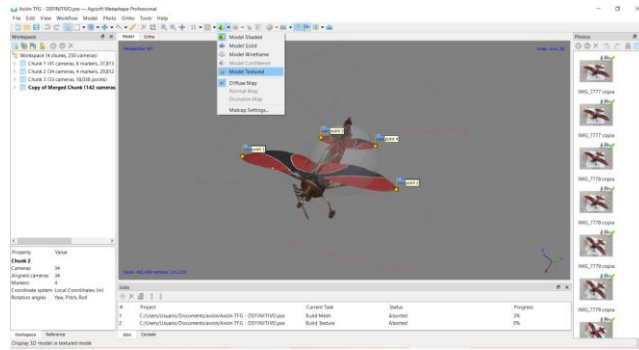


Fig. 103, Fig. 104 y Fig. 105: Proceso de creación y visualización de la textura.



Fig. 106: Modelo finalizado, ya con la textura.

### 3.8) Exportación del modelo

Tras haber creado la textura, puede exportarse el modelo para su utilización por parte de otros programas. Antes de hacerlo, sin embargo, debe tenerse en cuenta el formato que permitirá al software destinatario interpretarlo correctamente. Cuando se exporta un modelo desde Metashape, se obtiene un modelo en formato *Wavefront OBJ*, en una carpeta que incluye la malla y la textura. Para exportar el modelo obtenido, se selecciona la opción *File* (“Archivo”) y, a continuación, *Export* (“Exportar”, fig. 107). En la ventana emergente, se elige una carpeta para guardar el modelo y su textura y se pulsa “Guardar” (fig. 108).

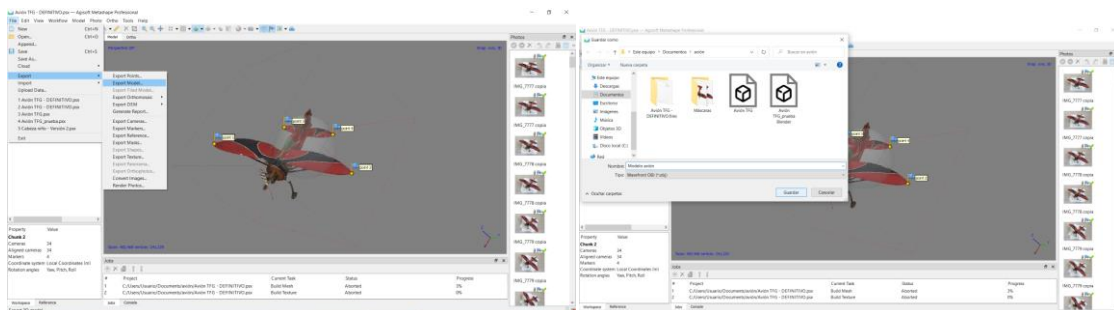


Fig. 107 y Fig. 108: Proceso de exportación y guardado del modelo desde Metashape.



#### 4) *Post-procesado en Blender®*

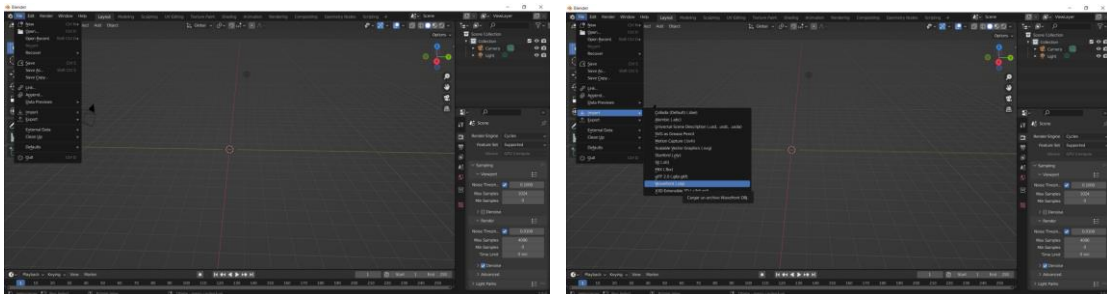
Blender® es un programa de código abierto, utilizado por toda clase de profesionales del modelado informático, que permite no sólo la animación, edición y renderizado de modelos tanto en dos como en tres dimensiones, sino también el procesado y composición digitales de escenas complejas, pintura y escultura virtuales y, como añadido, cuenta con su propio editor de vídeo (colaboradores de Wikipedia, 2022).

Se ha elegido este software no sólo por su nulo coste, sino también porque cuenta con una extensa variedad de herramientas y opciones de modelado y edición digital, que se adecúan holgadamente a las necesidades que pueda presentar un conservador y restaurador. También es capaz de ofrecer un resultado muy realista, permitiendo obtener un modelo a escala completamente idéntico de la pieza que se desee.

Una vez creado el modelo con Metashape, es el momento de editarlo y procesarlo en Blender®, para la consecución del modelo definitivo. Además de arreglar los desperfectos que provengan de errores de interpretación en Metashape, como lagunas estructurales o fallos de textura, Blender® también ofrece opciones de iluminación y animación, que también pueden ser muy interesantes a nivel divulgativo y, en este caso, para mostrar adecuadamente la información del objeto durante la defensa de este TFG.

##### 4.1) *Importación del modelo desde Metashape*

Antes de poder editar el modelo, debe importarse al programa, para poder trabajar con él. Al igual que con Metashape, para importar los archivos de la malla y la textura a Blender®, debe seleccionarse *File* (“Archivo”), *Import* (“Importar”) y, en el submenú que se despliega, el formato del modelo (en este caso, “Wavefront (.obj)”, figs. 109 y 110). Después, se abrirá un explorador de archivos (fig. 111), en el que se buscará la carpeta que contiene el modelo y se seleccionará el que tenga la extensión “.obj”, eligiendo a continuación *Import OBJ*. Tras escoger la opción, el programa cargará tanto la malla como la textura.



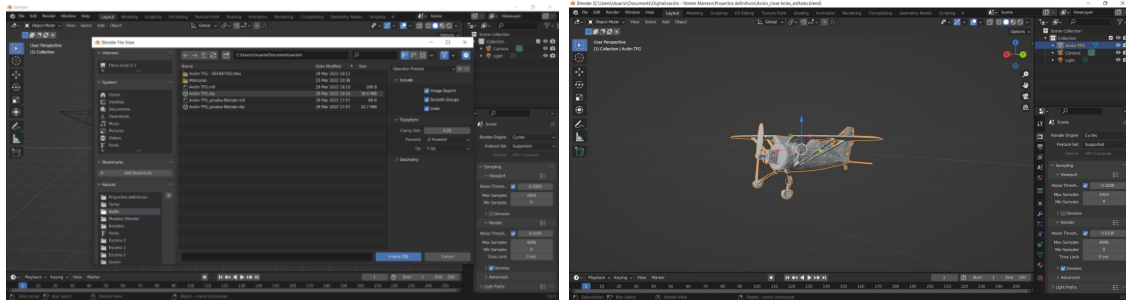


Fig. 109, Fig. 110, Fig. 111 y Fig. 112: Importación del modelo a Blender®, desde la pantalla inicial.

#### 4.2) Preparación del modelo en Blender®

Una vez importado el modelo, aparecerá en la interfaz principal del programa (fig. 113), de color blanco. Blender® posee varios modos de visualización, incluyendo los polígonos y vértices de la malla; el modelo sólido (en el que la superficie del objeto se muestra monocroma, permitiendo observar en detalle todas sus posibles imperfecciones); el modelo con su textura, iluminado de forma homogénea (para una visualización óptima, durante el proceso de trabajo); y el modelo con textura, pero con las modificaciones de iluminación que se le hagan a la escena, encaminado a la realización de animaciones. Por conveniencia, durante el procesado se utilizarán el segundo y tercero, en función de si se modifica la malla o la textura. Por otro lado, Blender® también posee varias interfaces, dedicadas a la edición de mallas, esculpido, modificación de la textura, animación y edición mediante nodos, entre otras opciones (señaladas con un rectángulo en la fig. 115). Para el tratamiento de este modelo, se ha trabajado en las cuatro primeras interfaces.

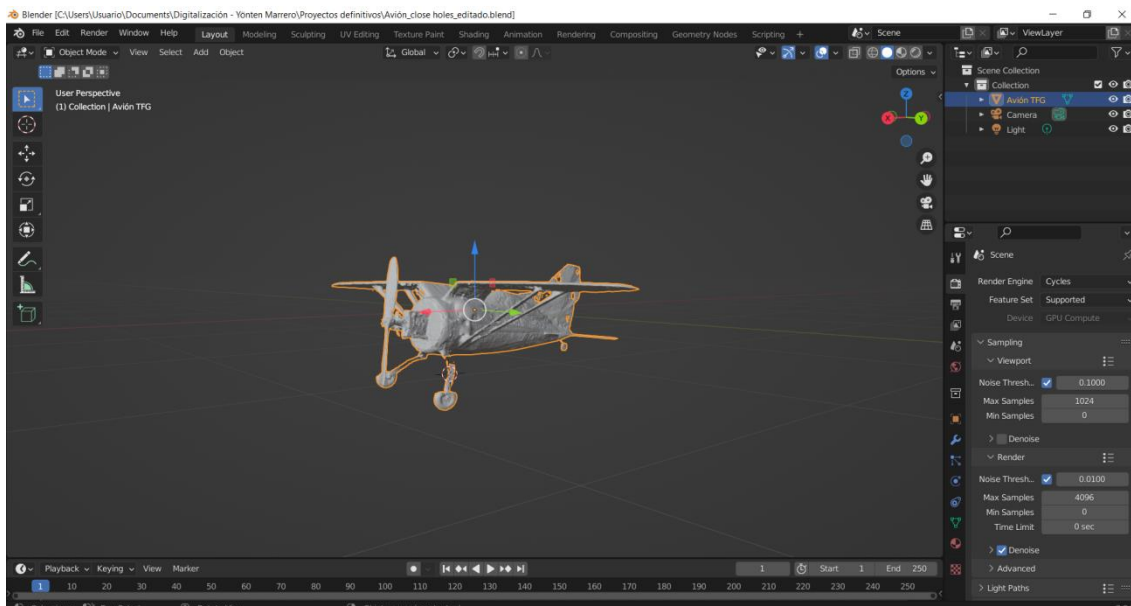


Fig. 113: Interfaz general de Blender®, ya con el modelo importado.

Aún en la interfaz inicial, donde se puede orientar el modelo de la forma que resulte más conveniente para trabajarlo, si se amplía el modelo sin modificarlo previamente, se pueden observar todos los fallos de geometría que ha cometido Metashape al construir la

mallá. Estos errores de lectura se manifiestan en forma de una superficie rugosa y heterogénea (fig. 114), pero son fácilmente solucionables gracias a las herramientas que ofrece la interfaz de esculpido digital (indicada con el nombre de *Sculpting*, “Esculpido”, a la derecha de la interfaz principal), señalada en la fig. 115, con un rectángulo).

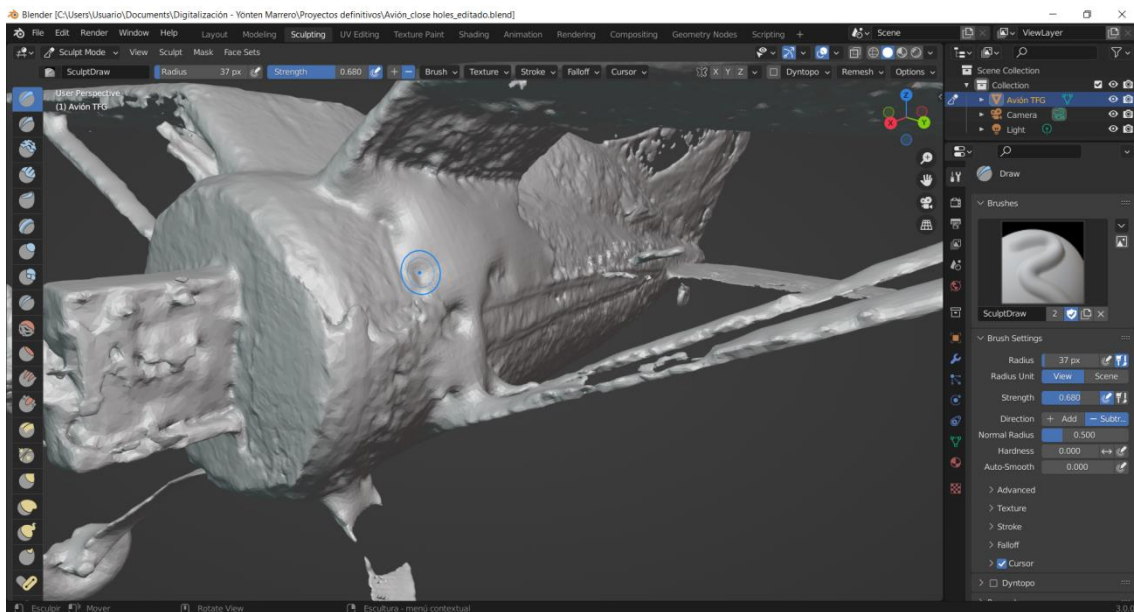


Fig. 114: Superficie del modelo, rugosa. Presenta este aspecto debido a la falta de información a la hora de construir la mallá en Metashape.

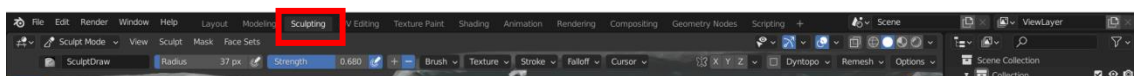


Fig. 115: Señalada con un rectángulo rojo, la interfaz de esculpido digital.

### 4.3) Esculpido digital

La interfaz de esculpido pone a disposición del usuario toda una retahíla de herramientas y pinceles, que posibilitan la modificación de la superficie y estructura de la mallá, desde la adición y sustracción de volumen hasta la rectificación y transformación de caras, vértices y aristas de forma general y concreta. También permite agregar diferentes efectos visuales a la superficie, como otorgarle la apariencia de materiales específicos. Para este modelo, sin embargo, sólo se hará uso de las tres primeras herramientas: adición, sustracción y suavizado o *smooth*. Con esta última, manteniendo pulsada la tecla Shift y deslizando el ratón sobre las zonas que se desean modificar, se pueden disimular y corregir la gran mayoría de los defectos de mallá que traía el modelo desde Metashape, ofreciendo un resultado, en apariencia, mucho más uniforme (figs. 116, 117 y 118).

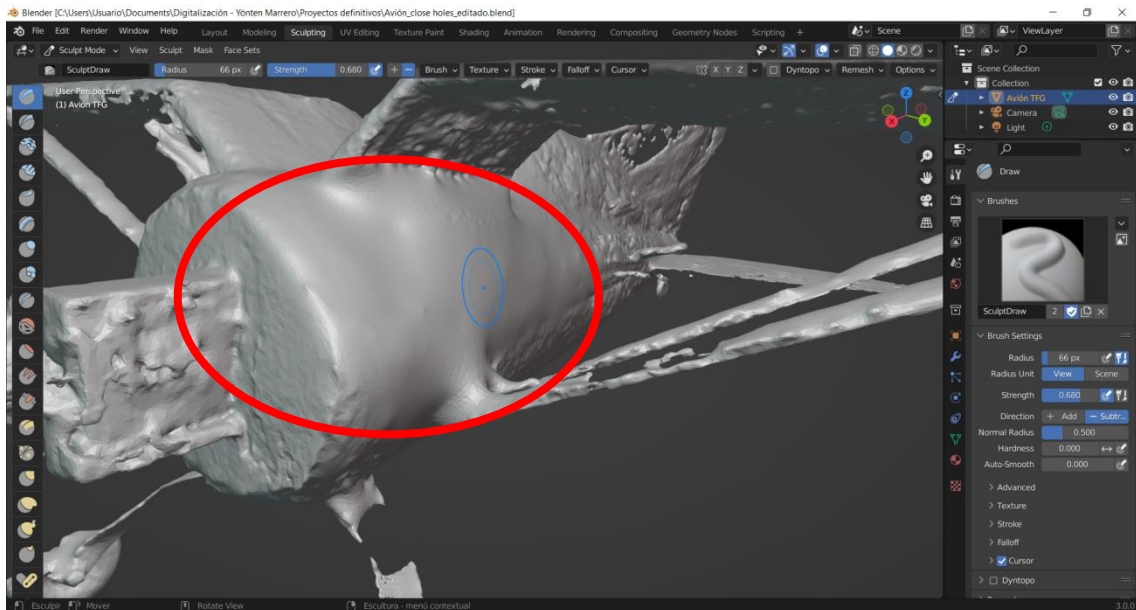


Fig. 116: Señalada en rojo, la zona que se ha suavizado y homogeneizado, gracias a la herramienta Smooth.

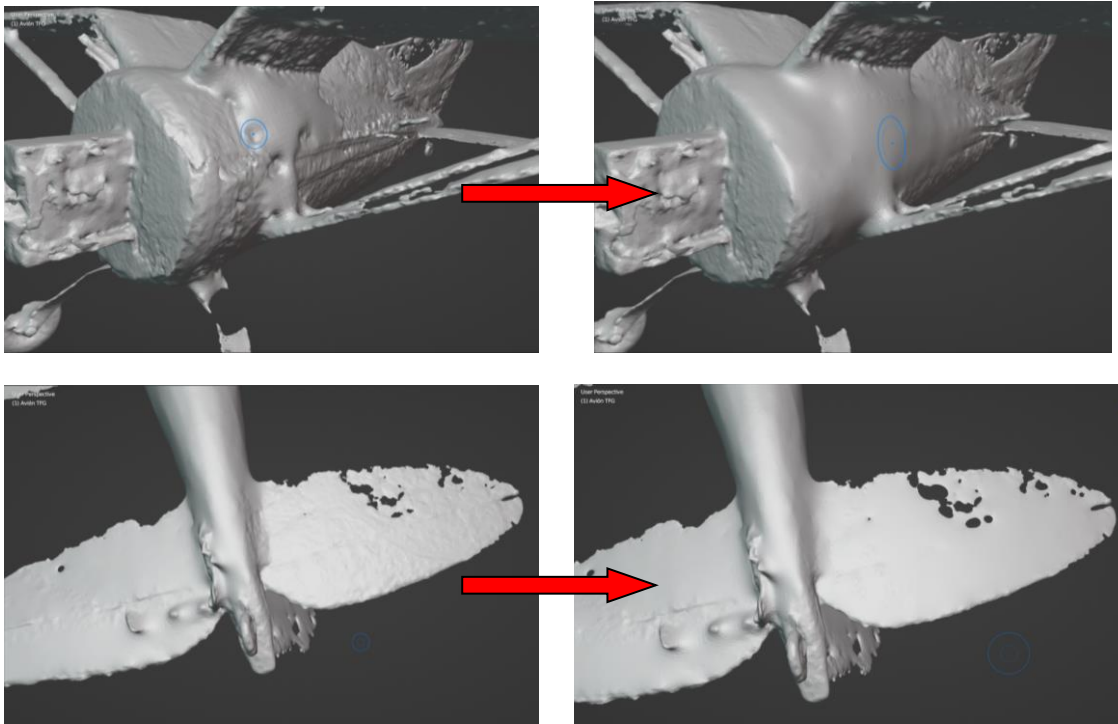


Fig. 117 y Fig. 118: Comparativa entre varias zonas del modelo, antes de suavizarse (izqda.) y después (dcha.).

Con ayuda de las herramientas de “Añadir” y “Sustraer”, por su parte, se han modificado las ruedas y el motor, para solucionar faltas de estructura que Metashape no había podido construir. En el caso de las ruedas, se ha añadido el volumen faltante en la parte superior (fig. 119), mientras que el motor se ha corregido y modelado para asemejarse lo más posible al real, dentro de las posibilidades de modelado que ofrecía la geometría de la malla (fig. 120).

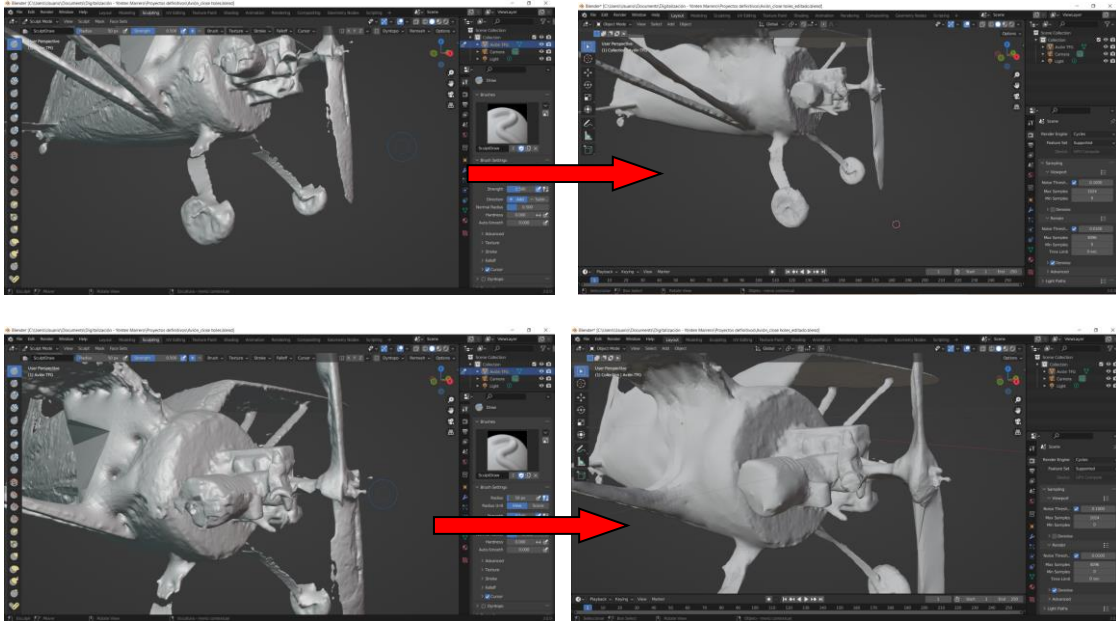


Fig. 119 y Fig. 120: Comparativa de la zona de las ruedas (arriba) y del motor (abajo), antes y después de haber sido reconstruidas virtualmente (izqda. y dcha., respectivamente).

#### 4.4) Cierre de lagunas

Finalizada la homogeneización y corrección de la superficie, el siguiente paso consistió en eliminar las lagunas estructurales de la malla, ya que no sólo constituían un perjuicio a nivel visual, sino también funcional. Para poder llevar a cabo esta tarea, de nuevo en el menú principal, se ha cambiado al Modo de Edición (señalado con un rectángulo en la fig. 121, a continuación), que permite no sólo ver todos los vértices y aristas de la malla, sino también modificarlos a placer.

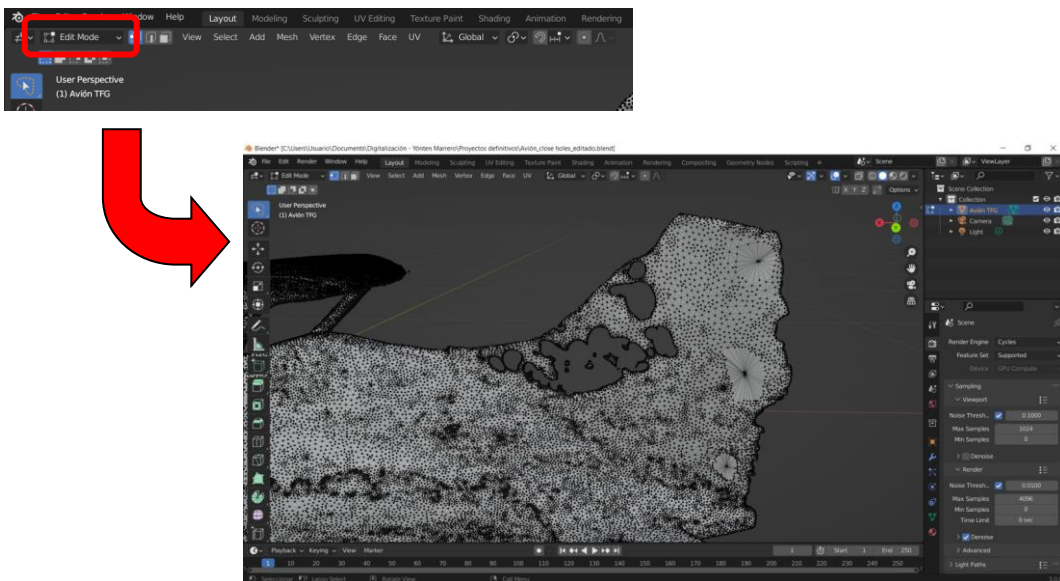


Fig. 121: Zona de la cola, una de las que presentaba mayor número de lagunas.

Para cerrar los agujeros de la malla, primero se han eliminado todos aquellos vértices que constituían un problema para la adecuada realización de la tarea. Como se observa en la fig. 122, se han seleccionado manualmente y, abriendo el menú de Edición de Vértices con el botón derecho del ratón, se ha seleccionado la opción *Delete* (“Borrar”, fig. 123), para suprimirlos (fig. 124).

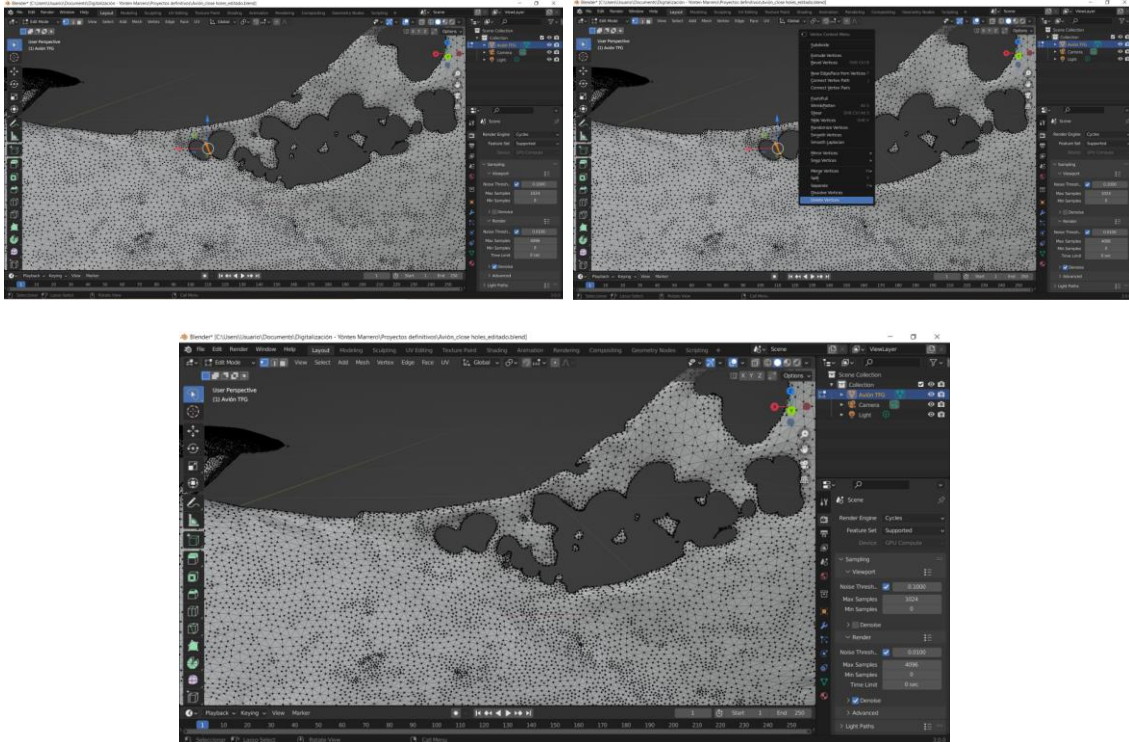


Fig. 122, Fig. 123 y Fig. 124: Proceso de eliminación de los vértices innecesarios.

Después, se han seleccionado todos los vértices que constituyen el perímetro de la laguna (fig. 125) y, siguiendo el mismo procedimiento, se ha escogido la opción de *Smooth Vertices* (“Suavizar Vértices”) varias veces, para tratar de igualarlos lo máximo posible y facilitar el cerramiento satisfactorio del agujero.

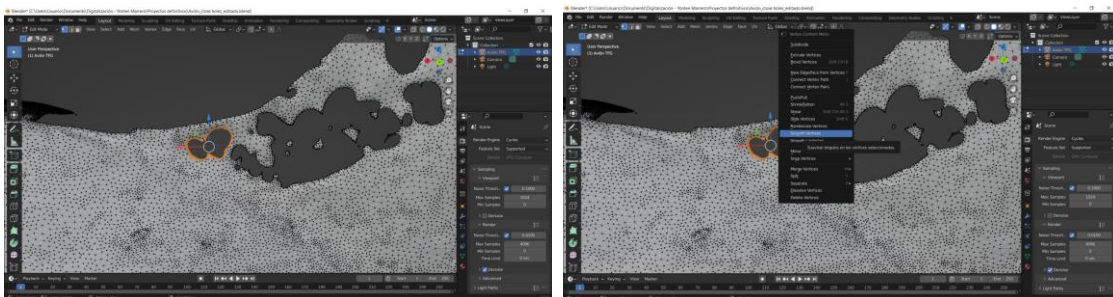


Fig. 125 y Fig. 126: Selección y suavizado de los vértices perimetrales de la laguna.

Aún con todos los vértices seleccionados, y abriendo el mismo menú, se ha elegido *Merge Vertices* (“Unir Vértices”, fig. 126). En el submenú que se ha abierto a continuación, se ha optado por *At Center* (“En el Centro”, fig. 127), para que todos los vértices convergiesen en un mismo punto, que en este caso se trataba del centro de la laguna. De este modo, se consigue suprimir el hueco con un resultado pulcro y sin errores (fig. 128). El mismo procedimiento se ha seguido para paliar las faltas de estructura en las patas del avión, por

ejemplo (figs. X y x), y en todas las demás zonas que presentaban cualquier clase de insuficiencia estructural.

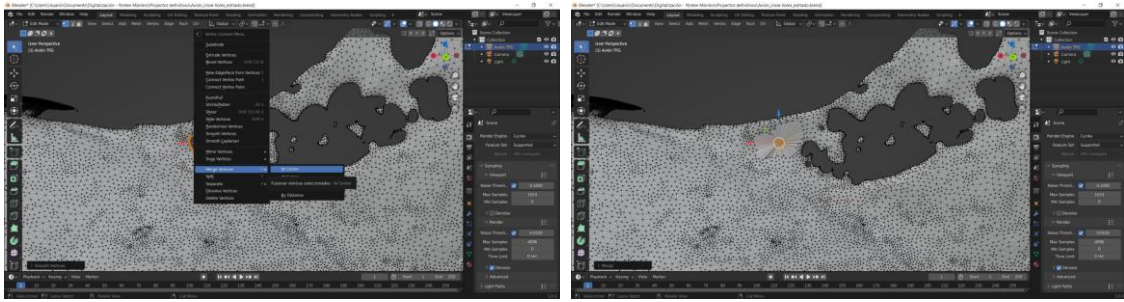


Fig. 127 y Fig. 128: Cierre de la laguna.

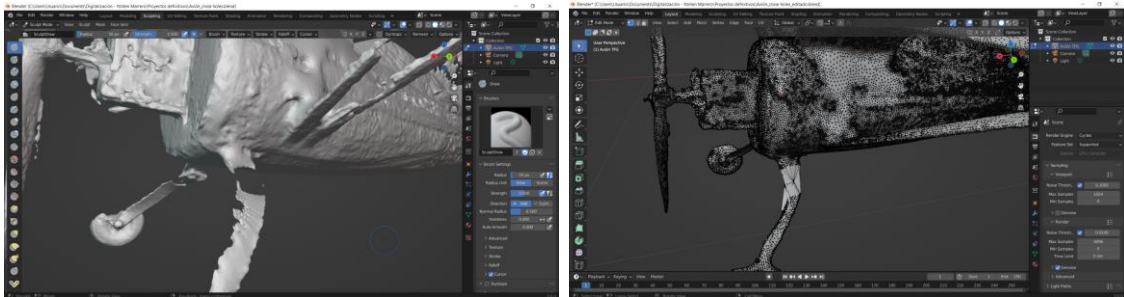


Fig. 129 y Fig. 130: Otro ejemplo de eliminación de huecos, esta vez en una de las patas del avión.

#### 4.5) Edición de la textura

Tras haber arreglado los problemas de la malla, sólo restaba el aspecto de la textura. Si bien la apariencia de las partes superior e inferior (correspondientes a los *chunks* cenitales) no poseía ninguna clase de desperfecto, este no era el caso de la sección central del modelo, que mostraba un aspecto estriado y difuso, con numerosas fallas de color y contorno (fig. 131). También era necesario otorgar una textura correcta a las lagunas ya cerradas y a los agujeros tapados en Metashape, puesto que no tenían geometría y, por ende, tampoco contaban con ninguna clase de textura. Cuando no puede obtenerse la información necesaria para crear una textura, Metashape construye una “auxiliar” (y, a menudo, incorrecta), en base a la de las zonas circundantes, como se puede observar, de nuevo, en la fig. 131.

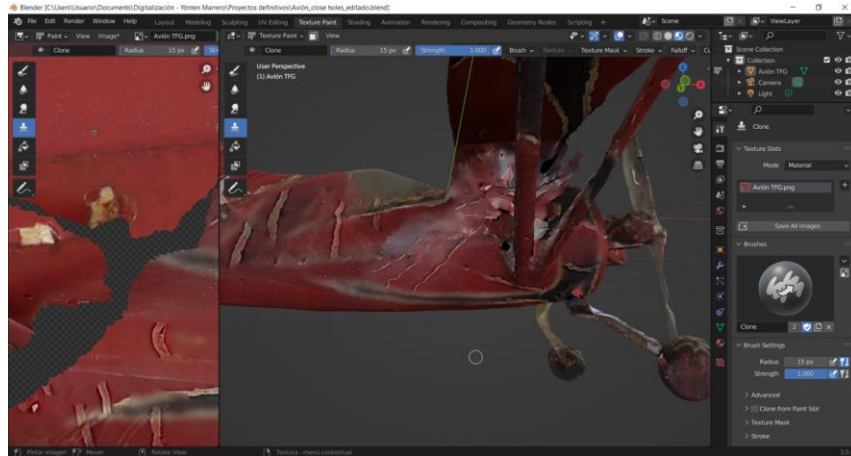


Fig. 131: Aspecto de la textura, antes de ser modificada.

Para dar solución a este problema, Blender® cuenta con una interfaz dedicada a pintar y modificar texturas. Además de poder utilizar un pincel para dibujar libremente, permitiendo elegir entre una amplísima variedad de colores, una de las opciones más útiles para conseguir un acabado realista es la de “clonar textura” (señalada en la fig. 132 con un cuadrado). Esta opción posibilita el copiar la textura de una zona y aplicarla en cualquier otra que se desee, para otorgarle el mismo aspecto o, como se va a hacer en este caso, uno muy similar. Se trata de una herramienta muy útil para añadir homogeneidad a la textura de un modelo que no la tiene, sea por la razón que sea. Bien utilizada, ofrece resultados muy satisfactorios.

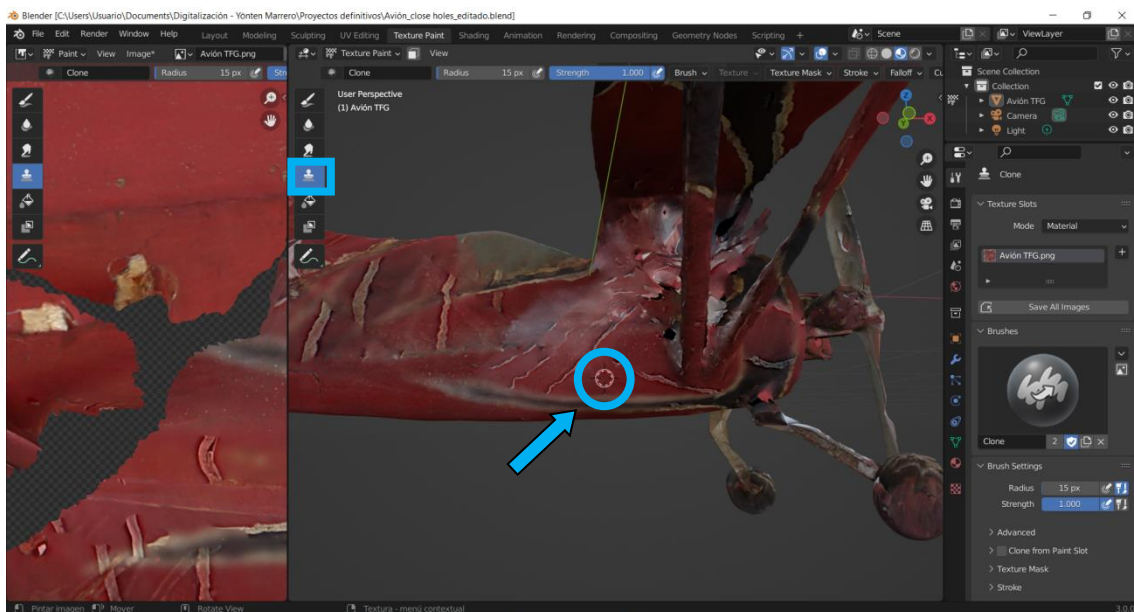


Fig. 132: Zona de la que clonó el color, en azul.

Para reproducir la textura, primero debe elegirse de qué zona se va a copiar. Para hacer esto, basta con situar el cursor donde se desee clonar, mantener pulsada la tecla Shift y clicar con el botón derecho del ratón (fig. 132, sobre este párrafo). A continuación, para cubrir la región a corregir, debe mantenerse pulsado el botón izquierdo del ratón ir aplicando la textura poco a poco, de forma paulatina y poniendo mucha atención.



Debido a los numerosos problemas que presentaba la textura en la sección central del modelo, se optó por cubrir zonas enteras con un matiz de base (en este caso, rojo, fig. 134). Después, se fueron clonando pequeñas partes de otros puntos, que tenían el color y textura correctos, y reconstruyendo el diseño de forma manual, teniendo las fotografías como referencia (fig. 135).

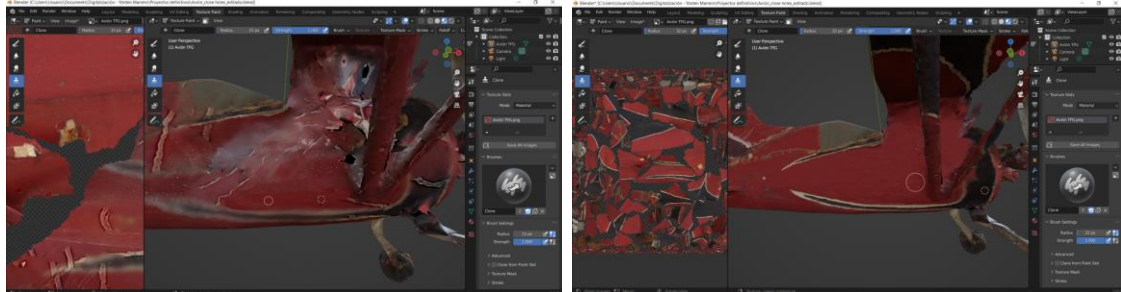


Fig. 133 y Fig. 134: Proceso de edición de la textura, en sus comienzos (izqda.) y en un punto intermedio (dcha.).

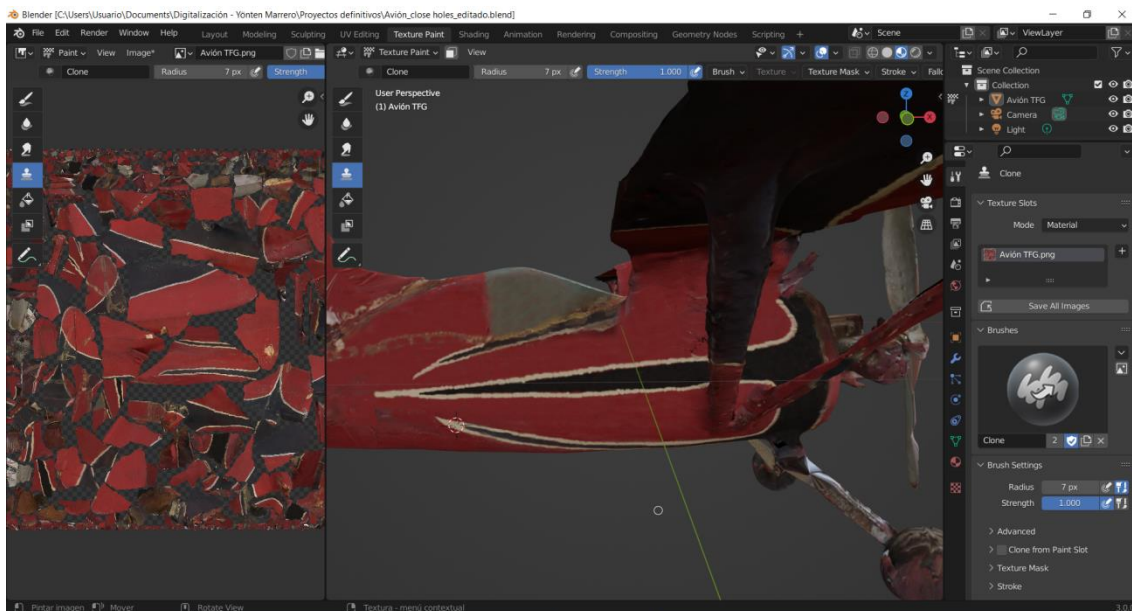


Fig. 135: Resultado final, correspondiente al lateral izquierdo del modelo. Se ha llevado a cabo el mismo procedimiento por el lado contrario, para obtener una textura lo más similar posible a la que el objeto posee en la realidad.

#### 4.6) Creación del mapa de daños tridimensional

Blender® no sólo permite editar la textura que se ha importado junto con el objeto, sino que también permite crear una completamente diferente y aplicarla sobre la malla, de modo que el modelo muestre el aspecto que se desee, dependiendo de para qué se vaya a utilizar.

En este caso, para el mapa de daños tridimensional, se ha preferido otorgarle al objeto un fondo completamente blanco y utilizar la herramienta del pincel, con diferentes colores, para señalar todas las clases de deterioro, al igual que se ha hecho con los mapas

bidimensionales. El método seguido ha sido el mismo que para la edición de la textura de base del modelo.

Para incorporar esta textura alternativa a la pieza, se ha hecho uso del menú de nodos, que permite modificar y otorgar diferentes propiedades a los modelos de forma sencilla e intuitiva. Primero se creó el fondo blanco en Microsoft® Paint (aunque puede crearse con cualquier programa de edición de imágenes, como Adobe Photoshop® y similares) y se guardó como archivo PNG.

A continuación, dentro de Blender®, se selecciona el menú *Shading* (literalmente, “sombreado”) y, en la parte inferior de la pantalla, donde se encuentran los nodos, se pulsan la tecla “Shift” y la letra A. En el menú que aparece (fig. 136), se selecciona *Texture* (“Textura”) y, dentro de este submenú, *Image Texture* (“Textura de Imagen”). Esta opción hará aparecer un nodo, que posibilita importar una imagen a Blender y utilizarlo como textura para el modelo (fig. 137).

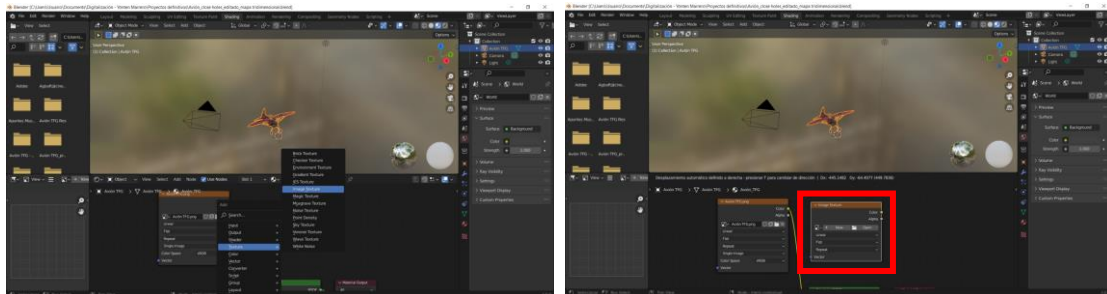


Fig. 136 y Fig. 137: Menú de nodos, con las opciones a seleccionar resaltadas en azul (izqda.) y nodo generado (dcha., en rojo).

Eliminar el nodo que contiene la textura original es opcional. En este caso, solamente se ha unido el receptor *Color* del nodo creado, de un matiz amarillo, con el de *Base Color* (“Color de Base”), también amarillo, en el nodo principal o raíz, que representa al modelo en este menú (fig. 138). Sólo es posible unir nodos entre sí si sus receptores tienen el mismo color, dependiendo del efecto que tengan sobre la malla. Al hacer esto, se ha sustituido la unión del nodo que contenía la textura original con la del nodo nuevo de forma automática.

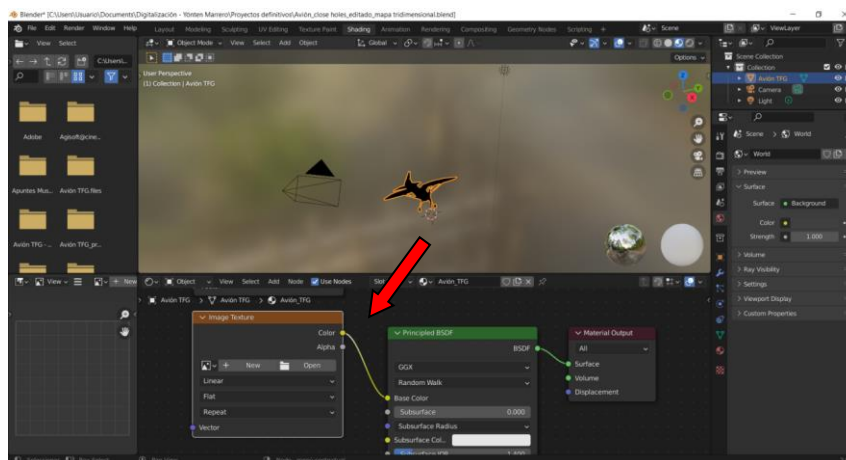


Fig. 138: Nodo que aplicará la nueva textura, ya conectado al nodo principal.

Una vez finalizado este paso, se selecciona la opción *Open* (“Abrir”, señalado en la fig. 139, izqda.) y se elige el archivo PNG creado con anterioridad (fig. 139, dcha.). Se puede comprobar cómo ha cambiado el aspecto del modelo, en la pantalla superior, lo cual indica que la textura se ha aplicado satisfactoriamente (fig. 140).

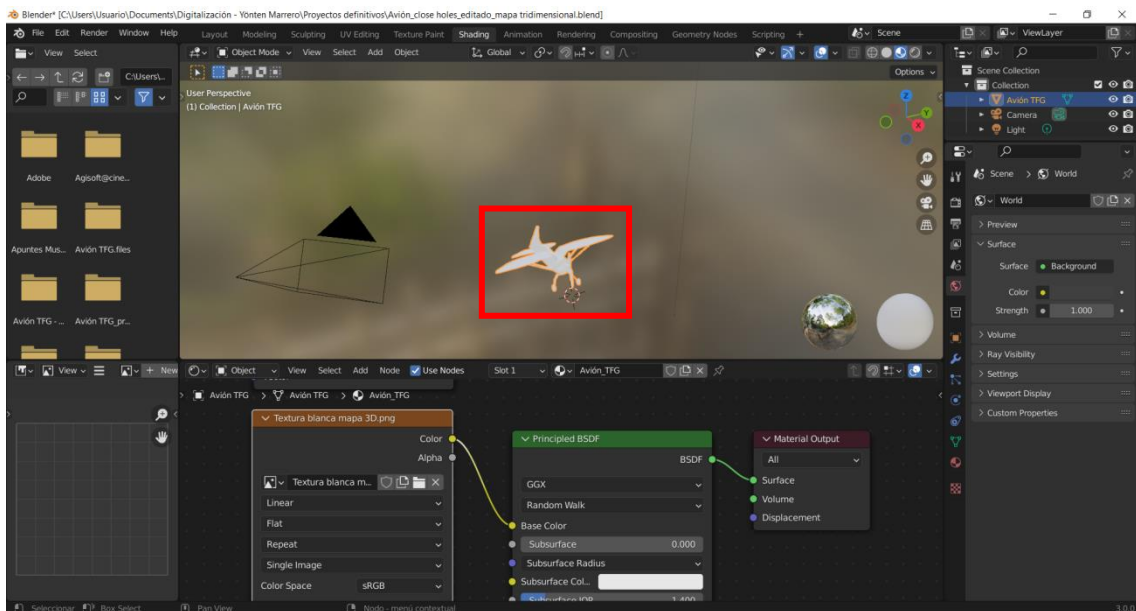
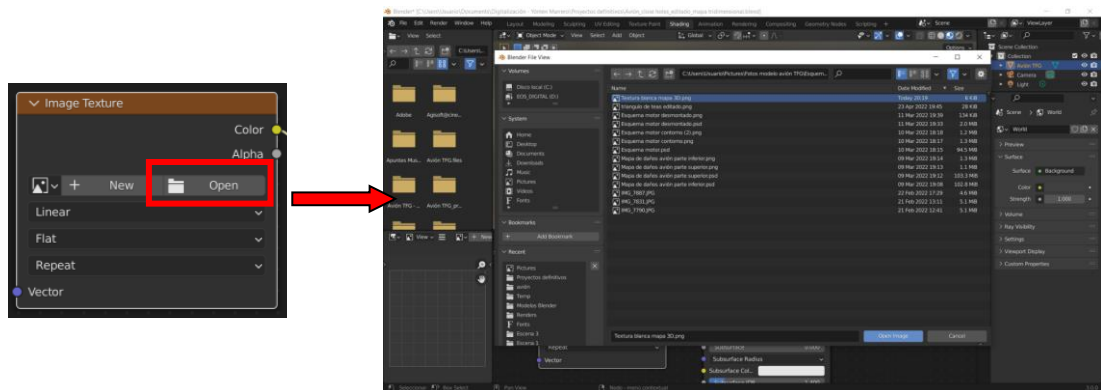


Fig. 139 y Fig. 140: Búsqueda y aplicación del archivo PNG al modelo.

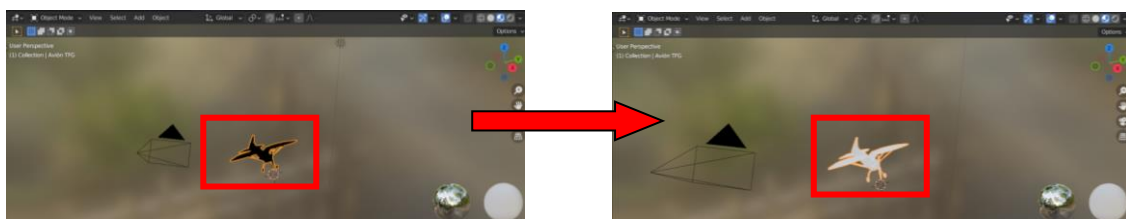


Fig. 141: Comparación entre el modelo sin textura (izqda.) y con la nueva textura (dcha.)

Ya con la textura de base, se ha seguido el mismo procedimiento que para la edición de la textura original: de nuevo en el menú de *Texture Paint*, esta vez con las herramientas de “rellenar” y “pincel” (señalados en la fig. 144, bajo este párrafo), se han ido representando gráficamente todos los deterioros sufridos por la pieza, siguiendo la misma leyenda que para los mapas bidimensionales.

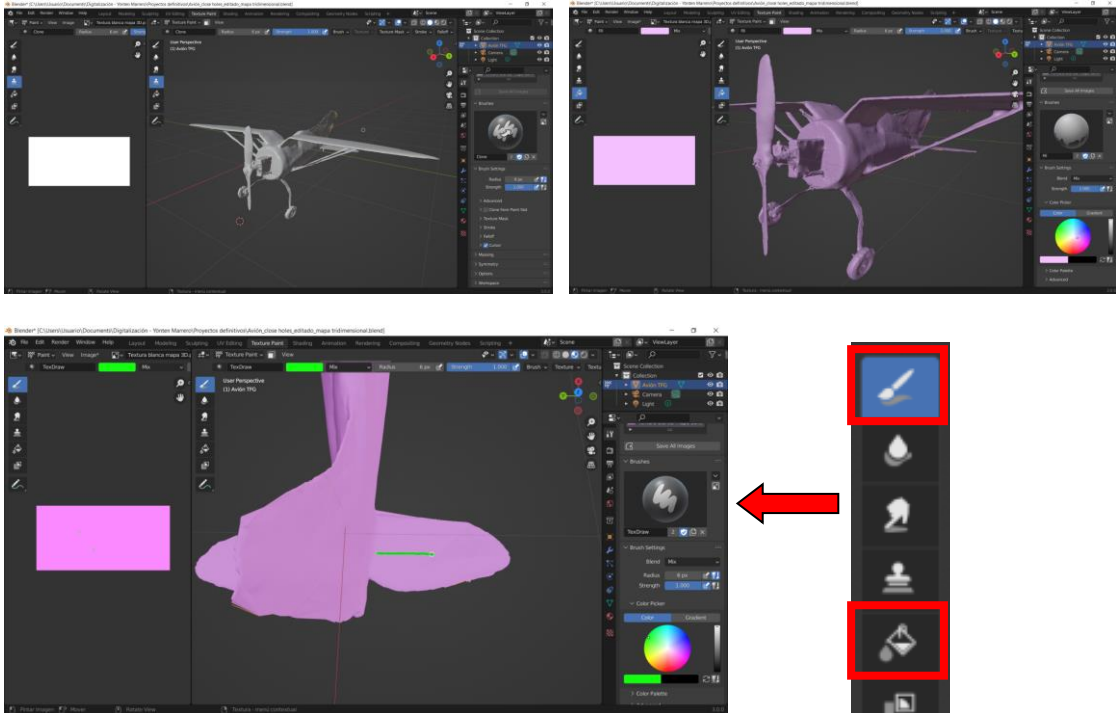


Fig. 142, Fig. 143 y Fig. 144: Modelo, con la textura alternativa de base aplicada (arriba, izqda.), y utilización de las herramientas de “rellenar” (arriba, dcha.) y “pincel”, para la representación de los deterioros sobre su superficie.

El resultado se puede observar a continuación:





## VIII. Funcionamiento

Una de las partes más interesantes de una pieza de esta tipología, como es de esperar, es su maquinaria interna, sin la cual su función no sería o habría sido posible. En el caso de este avión, se trata de su motor, que posibilitó su utilización como juguete y que ahora, por desgracia, se encuentra inoperativo.

Sin embargo, aún es posible, gracias a las incontables referencias bibliográficas que se han publicado al respecto, estudiar y comprender su funcionamiento en profundidad. Conocer la estructura del motor y sus prestaciones permite establecer una idea general de cómo se utilizaba y qué propósito servía, además de posibles pistas o indicaciones acerca de su tratamiento y conservación correctos, a largo plazo. Es por ello que, en pos de obtener la mayor cantidad de información posible sobre la pieza y todos sus componentes, se ha realizado también un estudio exhaustivo del motor.

### *El motor, en detalle*

El motor de la maqueta se trata de un modelo de combustión interna, más concretamente, una tipología denominada como “de glow” (*GatoVolante*, 2019). Un motor de glow se diferencia de un motor de gasolina convencional en el tipo de combustible que utiliza, consistente en una mezcla de metanol, nitrometano y aceites de varias clases en diferentes porcentajes, en función de la tarea que desempeñará la máquina.

Los motores de combustión interna (y, por tanto, los motores de glow), se componen de muchas partes, tanto móviles como fijas, donde cada una realiza una función muy específica durante el funcionamiento.

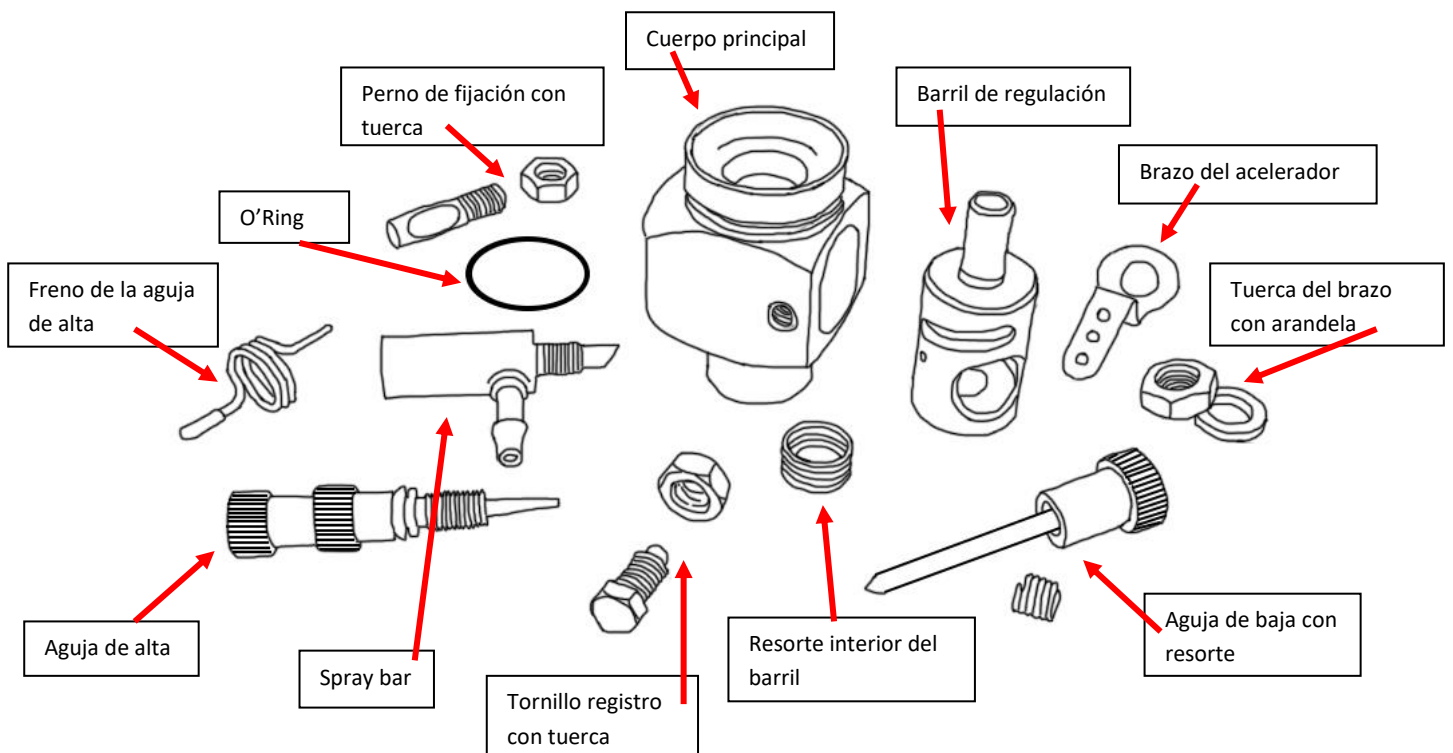
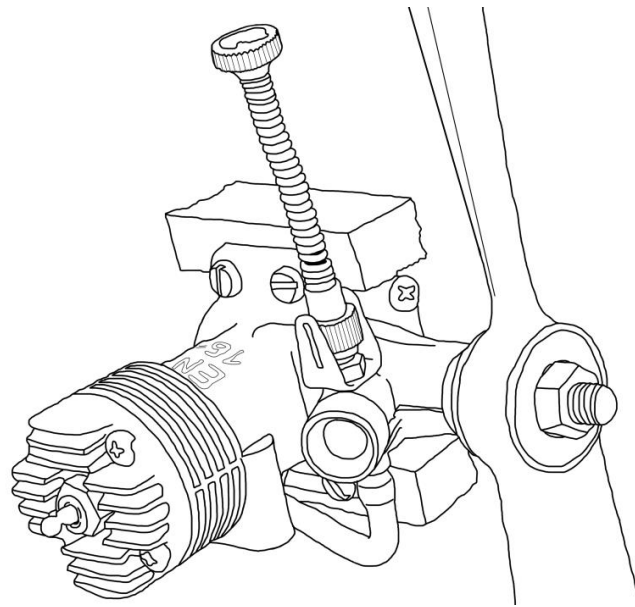


Ilustración 4 e Ilustración 5: Esquema que muestra el motor de la maqueta, a partir de una fotografía del mismo (arriba). A continuación, despiece del motor, con todos sus elementos señalados. (Adaptado a partir del despiece de un motor de glow)

[Ilustración], por El Gato Volante, 2019 [<https://gatovolante.wordpress.com/2019/03/12/motores-para-aeromodelismo-ajuste-de-la-carburacion/>].

Dentro de todos estos componentes, destacan los siguientes (Autonoción.com, s.f.):

Piezas fijas:	Piezas móviles:
<p><b>-Cárter:</b> o “cámara de pre-compresión”. Se trata de una caja metálica que contiene todos los mecanismos y partes del motor.</p> <p><b>-Cilindro:</b> pieza de aluminio o de hierro, como su nombre indica, de forma cilíndrica que aloja al pistón.</p> <p><b>-Bujía:</b> artilugio cuya función es la de hacer saltar una chispa, una vez encendido el motor, para producir la combustión de la gasolina.</p> <p><b>-Culata:</b> cumple la función de tapa, que aguanta a la bujía y, además, cierra el cilindro. También es una de las partes de la cámara de combustión del motor.</p>	<p><b>-Pistón:</b> dentro del cilindro, su función es la de moverse sucesivamente o con alternación, para provocar la compresión del combustible y generar movimiento.</p> <p><b>-Biela:</b> ejerce y soporta movimientos de compresión y tracción. Su principal cometido es el de transmitir el movimiento al cigüeñal.</p> <p><b>-Cigüeñal:</b> eje acodado de equilibrado (o de contrapesos, similar a los que se encuentran en las locomotoras), cuya tarea es la de transformar el movimiento circular en rectilíneo y viceversa, en base a lo que le llega a través de la biela.</p>

En este caso concreto, nos encontramos ante un motor de dos tiempos (también denominado como “motor de ciclos”). Esta es tipología más usual encontrada en modelos de aeromodelismo, debido a su sencillez y a su menor coste económico.

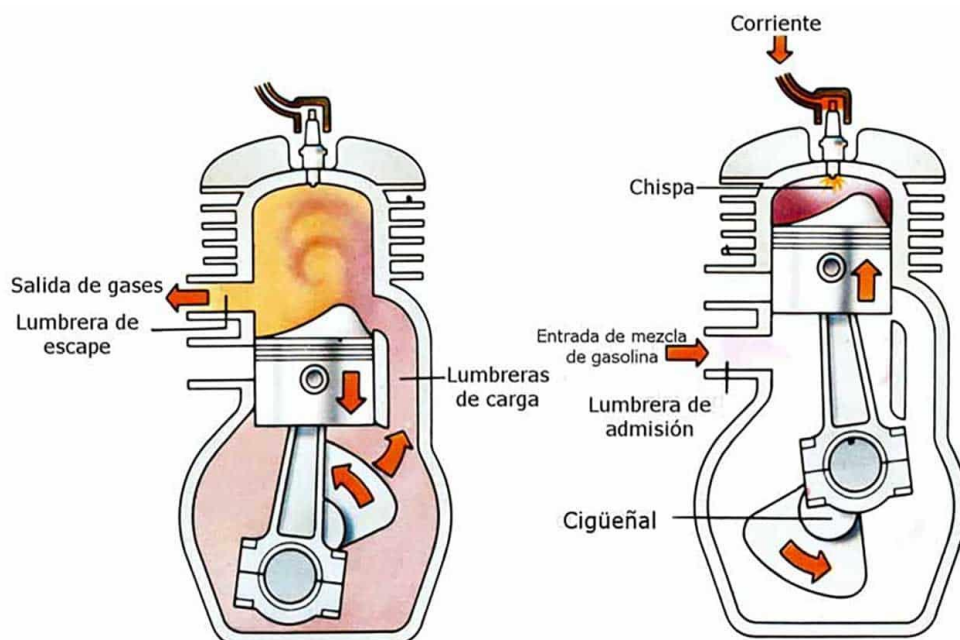


Ilustración 6: Interior de un motor de dos tiempos, similar al de la maqueta. [Ilustración], por Noticias-motor, s.f. (<https://noticias-motor.com/motores-de-2-tiempos-que-son-de-que-manera-marchan-virtudes-y-tambien-problemas/>).

Estos tipos de motor funcionan mediante un proceso de cuatro fases, admisión, compresión, combustión y escape, dividido en dos partes o tiempos, en los que dos de las fases ocurren de manera simultánea (Autonoción.com, s.f.):

## I. Admisión-compresión:

Aquí es donde ocurre la entrada de aceite, aire y combustible en el cárter, mediante la acción del pistón. Este se encuentra en su posición más baja, denominada como PMI (“Punto Muerto Inferior”). Al trasladarse hacia arriba verticalmente, el pistón va abriendo la lumbrera de admisión (la “puerta de entrada”) del cárter, facilitando la introducción de la gasolina en el mecanismo interno del motor. A la vez, el pistón la va comprimiendo en su camino hacia arriba.

Idealmente, para que las dos fases ocurran al mismo tiempo y de manera eficiente, el cárter debe encontrarse completamente sellado.

## II. Combustión-escape:

Esta fase da comienzo cuando el pistón llega al PMS (“Punto Muerto Superior”), o su posición más alta. Es aquí cuando la bujía produce una chispa y posibilita la combustión de la gasolina, cuya energía térmica vuelve a llevar al pistón hacia abajo con fuerza. Este proceso es el que transmite el movimiento (energía cinética) al cigüeñal, con la colaboración de la biela.

Mientras el pistón vuelve a su PMI, se libera el colector (o lumbrera) de escape, que facilita la salida de los gases, el calor y el sonido hacia el exterior, a través del tubo de escape.

Una vez el pistón ha alcanzado su PMI de nuevo, vuelve a ascender y comienza el ciclo de nuevo, generando el movimiento del vehículo.

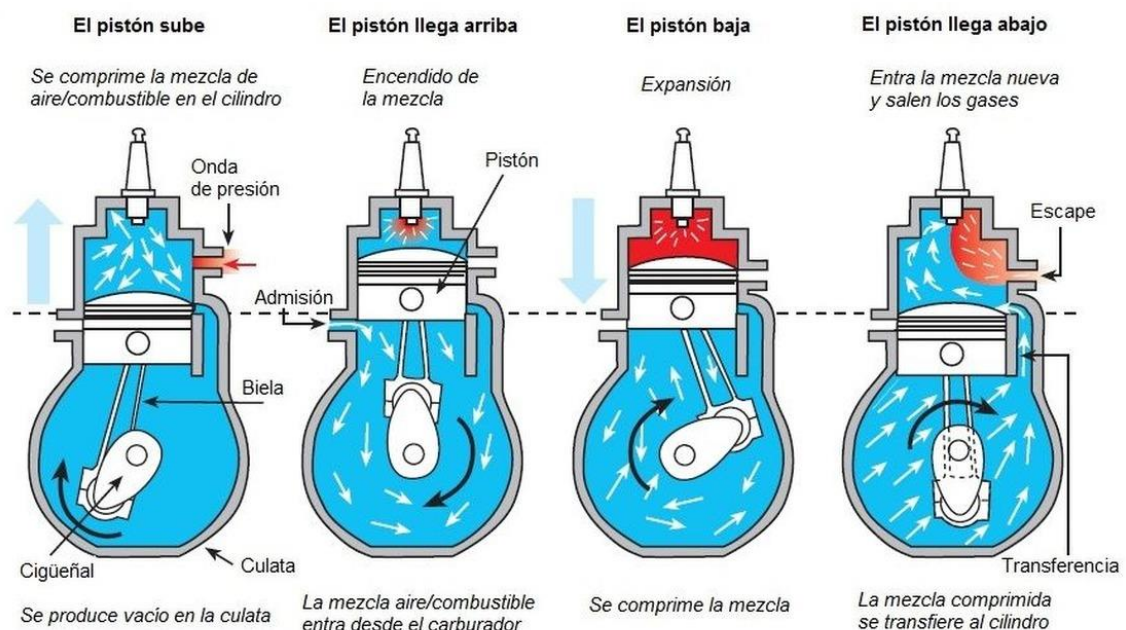


Ilustración 7: Esquema que ilustra, de forma simple, el funcionamiento de un motor de dos tiempos. [Ilustración], por Online Sale Cheaps, s.f. (<https://onlinesale.cheaps2022.ru/content?c=motor%20%20tiempos%20moto&id=12>).



Para poder poner en marcha todo este proceso, sin embargo, cumple un papel primordial la bujía, sin cuya chispa es imposible producir la combustión y, por ende, el funcionamiento del motor. En los motores de glow, se utiliza un sistema denominado como “bujía de incandescencia”: la bujía, en esta clase de motores, está formada por una aleación de platino-iridio que, al conectarse a una pila de 1,2 a 2V, aumenta su temperatura hasta ponerse incandescente. Esta pila se llama “chispómetro”, en España, o “calentador de bujías”, y su cometido es el de proporcionar energía eléctrica a los motores de glow. El voltaje aplicado dependerá de la cilindrada del motor (que puede oscilar entre los 0,4 y los 30 cc, dependiendo de la escala del modelo). A juzgar por las inscripciones encontradas en la hélice, la cilindrada del motor de la pieza sería de tipo 23 (de 23 pulgadas cúbicas, ó 3,77 cc, aproximadamente). La inscripción que reza “NYLON”, muy probablemente, se correspondería con el nombre del fabricante.

Al ponerse incandescente, la bujía produce la combustión del carburante. La reacción entre el platino de la bujía y el metanol, incluido en la mezcla de combustibles que utilizan estos motores, ayuda a mantener a la bujía incandescente hasta que se finalice la utilización de la máquina.

Un motor de dos tiempos se diferencia de uno de cuatro tiempos (el más utilizado en la actualidad) en que las cuatro fases descritas se realizan en dos movimientos lineales del pistón (subida y bajada), mientras que en los de cuatro tiempos ocurre una explosión de la bujía cada dos vueltas del cigüeñal (o, es decir, cada dos subidas y bajadas del pistón).

Si bien esta es la disimilitud principal, resulta suficiente para generar notables discrepancias en su funcionamiento y mantenimiento. Por ejemplo, un motor de dos tiempos precisa que el carburante se mezcle con aceite (para lubricar el interior de su maquinaria) y, además, que se emplee otro lubricante para el cilindro, de modo que se facilite la circulación del combustible por todas las partes que conforman la maquinaria. Como añadido, los motores de cuatro tiempos han ido sustituyendo a los de ciclos durante los últimos años, debido a que son más eficientes, necesitan menos carburante y aceite y producen menos residuos, siendo a la larga mucho más ecológicos.

Además de varias clases de motores, en aerodelismo existen también diversas tipologías de maquetas. Estas se clasifican dependiendo de sus características, el tipo de motor que utilizan y si se emplean para mera exposición o para exhibiciones de vuelo (RC-INK, s.f.):

**-Vuelo libre:** los más simples, normalmente lanzados con la mano o que utilizan motores muy sencillos.

**-Vuelo circular o U-Control:** para carreras, acrobacias y exhibiciones de vuelo, se caracterizan por poseer un conjunto de cables, que giran alrededor del piloto.

**-Radiocontrol (R/C):** los preferidos por los aficionados al aerodelismo. Estos aviones poseen toda una maquinaria interna que funciona con señales de radio, lo que posibilita el manejarlos a distancia. No se incluyen helicópteros ni autogiros, entre otros.

**-Interiores:** estas piezas han sido concebidas para volar, específicamente, en espacios cerrados o en interiores, como su nombre indica. En esta categoría sí entran los helicópteros y otras tipologías de vehículo diferentes a los aviones, que suelen manejarse

mediante radiocontrol.

**-FPV (“First Person View”):** una de las clases más recientes. Destaca porque el piloto controla el vuelo de la maqueta ayudándose de un vídeo en tiempo real del interior de la cabina, que el propietario ve mediante gafas de realidad virtual o, en su defecto, de monitores.

También se suelen categorizar según su sistema de propulsión o de vuelo, como son los aviones planeadores, veleros, de motor de gomas, de motor de explosión (de CO<sub>2</sub> o de combustión interna), eléctricos y reactores, entre otros.

En lo que a esta pieza concierne, se trata de una maqueta de vuelo libre, caracterizadas porque el modelo se lanza a mano y estas planean sin control o intervención del usuario (lo cual explicaría sus numerosas caídas). Este tipo de maquetas suelen contar con un temporizador mecánico (o “destermalizador”), que hace bajar el avión a tierra tras un tiempo de vuelo determinado, para evitar que se queme el motor.

Como apunte y a modo de curiosidad, hay expertos que dividen a los aviones de aeromodelismo en maquetas y en “semimaquetas”. El modelo intervenido se correspondería a la categoría de semimaqueta, es decir, que toma como inspiración a un modelo real pero no se ciñe de manera exhaustiva a sus detalles y a su escala, como sí lo haría una maqueta. Son modelos más fáciles de volar y económicos, si se les compara con las piezas correspondientes a los coleccionistas más empedernidos.

## **IX. Tratamiento propuesto**

A partir de la información obtenida acerca de la pieza, se han determinado una serie de pasos a seguir durante su tratamiento, con el objetivo de solucionar todos aquellos problemas de conservación que presenta y que perjudican a su estabilidad a largo plazo.

Estas intervenciones consisten, de forma breve, en una exhaustiva limpieza superficial, dada la gran acumulación de suciedad que posee; en la fijación de la capa pictórica desprendida; la consolidación y nivelado de las lagunas existentes y de los estratos desunidos, así como la estabilización y afianzamiento de la cola; y, como toque final, un ligero barnizado de protección, para aislar la frágil capa pictórica del polvo y otros posibles agresores medioambientales, asegurando una mayor y mejor preservación durante más tiempo.

### **5.2. Línea práctica**

#### **I. Criterios de intervención**

Como bien menciona González López (2020) en su obra, toda intervención que un restaurador lleve a cabo sobre cualquier clase de bien cultural se trata de un

acontecimiento de gran relevancia, tanto para su Historia material como para su integridad y su conservación a largo plazo.

Sin embargo, una restauración nunca puede ni debe ser planteada ni realizada a la ligera: toda acción que se ejecute deberá estar concienzuda y razonadamente justificada en base a los criterios de intervención establecidos, tanto a nivel internacional como en el ámbito legal, además de adaptarse a las necesidades específicas de la obra, sin contradecir lo estipulado por estas normas.

Los criterios consisten en un conjunto de pautas, dictaminadas por una serie de expertos de la Conservación y Restauración de Bienes Culturales, que ofrecen un soporte teórico y guían el comportamiento y la praxis de cualquier profesional. Entre sus funciones también se cuenta el regular y unificar las intervenciones sobre bienes culturales en todo el mundo, poniendo especial énfasis en la obtención y adecuada aplicación de los conocimientos. Estos saberes concernirán desde los principios más básicos de Conservación y Restauración hasta los más específicos de la propia pieza (o, en otras palabras, deberá estudiarse a fondo todo aquello que se vaya a intervenir, para poder adecuarse lo máximo posible a sus exigencias en el ámbito medioambiental y matérico). Se pueden encontrar diferentes clases de criterios, en función de si ayudan a la comprensión del bien, apelan al juicio del conservador-restaurador o le ayudan en la toma de decisiones (González López, 2020).

Los principales criterios que existen, en cuanto a intervención sobre bienes culturales, se han establecido a lo largo de la Historia moderna del ser humano, a medida que se ha ido consolidando y ampliando la importancia de la Conservación y Restauración, así como la labor de todos los profesionales que a ella se dedican. Prueba de esto son las numerosas Cartas de la Restauración o de Restauo: una serie de documentos, redactados en diferentes puntos de la Historia, que sientan las bases o “dogmas” de la profesión. Estos escritos son reconocidos, respetados y seguidos a lo largo de todo el mundo, y suelen ser los criterios más básicos que se enseñan a los estudiantes de esta disciplina.

En el ámbito internacional más reciente, existen varios organismos cuyo principal cometido es el de velar por la difusión y protección del Patrimonio cultural, como son la UNESCO, el ICOM, ICOMOS, ICCROM y similares; así como instituciones especializadas en Conservación y Restauración, como son el ISCR, IRPA, ICC y otras. Como autoridades de gran prestigio y credibilidad dentro del mundo de la Conservación y Restauración, muchos de los expertos que las conforman se han dedicado a establecer una serie de directrices en cuanto al tratamiento e intervención de Bienes Culturales, bien partiendo de las preexistentes en las Cartas de la Restauración o, en su defecto, contemplando nuevas perspectivas y situaciones que, por cualquier clase de razón, no estuviesen especificadas en estos primeros textos.

En el territorio nacional, se siguen también las normas dictadas por instituciones como el IPCE y el IAPH, entre otras, así como las recomendaciones sugeridas por asociaciones de expertos conservadores-restauradores, como son ECCO, ARP y ACRE, entre otras, presentes a nivel tanto español como europeo.

Además de todas estas normas, aceptadas entre los propios profesionales, cada país cuenta con sus propias leyes para la protección jurídica y el tratamiento de su Patrimonio

cultural, incluidas convenientemente en su texto legal. En este sentido, deben tenerse en cuenta no sólo la legislación estatal vigente (consistente, a día de hoy, en la Ley 16/1985, de Patrimonio Histórico Español), sino la existente a nivel autonómico. En este sentido, se actuará también según se ha especificado en la ley 11/2019, del Patrimonio Cultural de Canarias.

Como añadido, ya que se trata de una pieza perteneciente a un particular, también se tendrá en cuenta su vínculo emocional con la maqueta durante la intervención, respetando material y conceptualmente su apariencia original en la medida que sea posible.

Todas estas indicaciones, junto a una evaluación imparcial de las necesidades que presenta cada obra, servirán de soporte para el que será el proyecto de intervención, que dictará las acciones a llevar a cabo sobre el bien a restaurar. Resulta de vital importancia adherirse a los criterios y tenerlos en cuenta en cada una de las fases del tratamiento, así como ceñirse al tratamiento y productos propuestos en base a estos, dependiendo de las características y requerimientos de cada obra.

Con el paso del tiempo, los criterios han ido evolucionando y adaptándose a las necesidades específicas de cada pieza, en función de sus materiales, ambiente y causas y/o mecanismos de deterioro. En este caso, dada la naturaleza de la obra y las condiciones en las que se conservará tras el tratamiento, se ha optado por seguir los criterios de intervención para madera policromada, tanto los especificados legalmente por el Gobierno de España (en la ya mencionada LPHE, de 1985; y en el Decálogo redactado por el Ministerio de Cultura y Deporte [MCU, 2003]) como los difundidos por instituciones como son el IAPH (González López, 1995:45).

Gracias, una vez más, a las aportaciones de M<sup>a</sup> José González López (2020), se puede efectuar una clasificación de los criterios existentes, en base al propósito que cumplirán con respecto a la intervención realizada: criterios conceptuales (principios concernientes al establecimiento o concepción de la propia intervención), metodológicos (destinadas al adecuado estudio del bien, teniendo en cuenta los medios necesarios para la obtención de los conocimientos necesarios sobre el mismo) y actitudinales (que son los que describen, concienzudamente, cómo realizar los diferentes procedimientos de la intervención, qué materiales utilizar, qué riesgos deben asumirse y/o tenerse en cuenta mientras dure y otros aspectos relevantes de la praxis).

En cuanto a los criterios específicos incluidos en cada tipología, los que se aplicarán a esta intervención serán los siguientes (González López, 2020, p. 171)<sup>2</sup>:

<b>Criterios conceptuales:</b>	<b>Criterios metodológicos:</b>	<b>Criterios actitudinales:</b>
-Conocer para intervenir.  -Necesidad de la intervención.  -Mínima intervención.	-Intervención multidisciplinar (debe quedar definida por los resultados de estudios previos).  -Respeto por la dimensión	-Aplicar tratamientos que estén justificados por el estado de conservación del bien.  -Utilizar sólo aquellos materiales que se hayan testado, cuya calidad esté

<sup>2</sup> Criterios extraídos y adaptados de *Conservación y restauración de encarnaciones policromas* (2020), de María José González López.

<p>-Priorizar estrategias de conservación preventiva antes que de conservación curativa o restauración.</p> <p>-Adecuar la intervención a las exigencias legales y a los principios de la Conservación y Restauración.</p>	<p>histórica y por la estética de la obra.</p> <p>-En caso de ser el causante de su deterioro, no devolver la obra a su emplazamiento original tras su tratamiento.</p> <p>-Documentar todo el proceso de estudio e intervención.</p> <p>-Recopilar toda la información obtenida del proceso de tratamiento en un documento final, en el que se detallarán los criterios y metodología seguidos, así como los productos y materiales empleados.</p> <p>-Establecer pautas de conservación preventiva, inspección y mantenimiento de la pieza tras su intervención.</p> <p>-Llevar a cabo el tratamiento por un profesional cualificado y titulado.</p>	<p>garantizada, que sean compatibles con los materiales originales, que no modifiquen su aspecto ni impidan posibles intervenciones posteriores.</p> <p>-Seguir, durante el tratamiento, los principios de discernibilidad, perdurabilidad, eliminabilidad y retratabilidad.</p> <p>-Sólo se llevará a cabo la consolidación donde realmente se necesite, y siempre utilizando métodos y productos adecuados.</p>
--	--	---

***-Con respecto a la limpieza:***

<p>-Debe ser homogénea y no alterar ni modificar los materiales, estructura ni el aspecto original del bien.</p> <p>-Los materiales y métodos empleados deben ser evaluados previamente en zonas de pequeño tamaño y que no sean vitales para la comprensión y apreciación de la obra.</p> <p>-Debe conservar la pátina y los posibles barnices originales.</p> <p>-Evitar eliminaciones sistemáticas de añadidos históricos.</p>
---

***-En cuanto a la reintegración:***

<p>-Además de la utilización de métodos y materiales apropiados, la adición de piezas sólo se llevará a cabo cuando sea necesario devolver la estabilidad a la obra.</p> <p>-La reintegración cromática de lagunas se realizará cuando estas impidan una correcta percepción y lectura de la obra.</p> <p>-Siempre deberá, en concordancia con las normas legales y los criterios previamente establecidos, evitar reinterpretaciones y falsos históricos.</p>
--

-La protección final siempre se hará respetando el acabado primitivo, sin modificarlo, y siempre con materiales y procedimientos adecuados.

Por su parte, existen criterios específicos para los productos y materiales a emplear, de modo que se asegure su conveniencia y su correcta utilización (González López, 2020, p. 172)<sup>3</sup>:

- Eficacia e idoneidad de los productos seleccionados para un tratamiento concreto.
- Compatibilidad con los materiales originales.
- Estabilidad química.
- Que no impidan la aplicación de otros tratamientos o acciones.
- Eliminables sin provocar daños.
- Que no modifiquen ni el aspecto ni las características de la obra.
- Que no colorean, manchen ni dejen residuos.
- Durabilidad en el tiempo.
- Facilidad de aplicación.
- Menor toxicidad posible.

Estos productos deben, como se ha descrito en los criterios actitudinales, haber sido estudiados y testados adecuadamente por instituciones y laboratorios específicos, comprobando que cumplen todas las condiciones anteriormente expuestas. Este aspecto se pone de manifiesto en la Carta de Roma de 1972 (art. 9) y en su revisión de 1987 (art. 9, también).

## II. Materiales y herramientas

Para llevar correctamente a término el tratamiento, se han utilizado los materiales listados a continuación:

- Rollo de papel blanco de gran formato (para fondos).
- Cámara fotográfica (CANON 4000D).
- Brocha de pelo muy suave.
- Pinzas.
- Bisturí.
- Hisopos (compuestos por palillos de madera y algodón).
- Mezcla de disolventes, para la limpieza química (acetona con isopropanol y unas gotas de ácido benzoico).
- Ácido tánico, disuelto al 5% en alcohol.
- Lápiz de fibra de vidrio.
- Cinta adhesiva.
- Paraloid® B-72.
- Acetona pura.
- Acetato de polivinilo (PVA o, más comúnmente, cola blanca).
- Limas de diamante, de formas y grosores diversos.
- Espátulas, de variados formatos y anchuras.

<sup>3</sup> Ídem de la nota a pie de página anterior.

-Tejido de algodón y poliéster, de trama cerrada.  
-Pigmentos (rojo de Venecia o Venetto, rojo de cadmio claro, rojo de cadmio oscuro, siena tostada, sombra tostada y negro humo).  
-Acril@33, disuelto en agua.  
-Tolueno.  
-Pinceles de varios anchos, incluyendo uno de la marca *Escoda*, del número 2, para la reintegración cromática.  
-Jeringuillas con aguja.  
-Tijeras.  
-Botecitos y tapas, para mezcla de pigmentos y colocación de agua, disolventes y aglutinantes para su uso inmediato, entre otros.

### III. Tratamiento

En este apartado se describe pormenorizadamente el proceso seguido para la restauración de la pieza, especificando tanto los materiales empleados como las acciones llevadas a cabo para cada una de las diferentes fases de la intervención.

#### 1) Limpieza

Antes de realizar cualquier otro procedimiento, se hace necesario eliminar la gruesa capa de suciedad que se ha acumulado sobre la superficie de la maqueta ya que, además de aportar un peor aspecto general a los materiales, el polvo y las concreciones acaban contribuyendo al deterioro de la dimensión estructural de los mismos, a largo plazo. La suciedad superficial, además, también constituye un obstáculo para la adecuada ejecución de otros procedimientos.

Si bien se llevó a cabo una ligera limpieza superficial con una brocha de pelo muy suave, como un primer acercamiento, no resultó ni de lejos suficiente para eliminar las concreciones de polvo y tierra, fuertemente adheridas a la capa pictórica de la pieza.



Fig. 145: Limpieza con brocha de pelo suave.

El siguiente paso consistió en encontrar el disolvente más adecuado para llevar a cabo una limpieza química. Se optó por este método de limpieza porque, teniendo en cuenta las características de los depósitos de suciedad del bien, debía añadirseles humedad, para ablandarlos y facilitar su extracción y posterior eliminación.



Fig. 146: Limpieza con hisopo y disolvente.

De entre todos los test conocidos en Conservación y Restauración, se decidió realizar un Test de Wolbers de disolventes, ya que se contaban con todos los productos necesarios para ejecutarlo en el taller; principalmente White Spirit (o “Mineral Spirit”), isopropanol y acetona, combinados entre sí en diferentes proporciones, tal y como indica el siguiente esquema:

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

Tabla 3: Mezclas de disolventes utilizadas en el Test de Wolbers.

Además de por la disponibilidad de materiales, se ha escogido el Test de Wolbers frente a otras posibilidades (como el Test de Feller, por ejemplo), porque se lleva a cabo con productos que resultan mucho menos tóxicos para el restaurador, pero que son igual de efectivos que otras alternativas más perjudiciales para la salud. También cubre una mayor zona del Triángulo de Teas (Ilustración 8) frente a las combinaciones propuestas por otros test, lo cual quiere decir que se consigue una solubilidad mucho mayor sin afectar a la integridad física del sujeto a cargo de realizar la prueba.



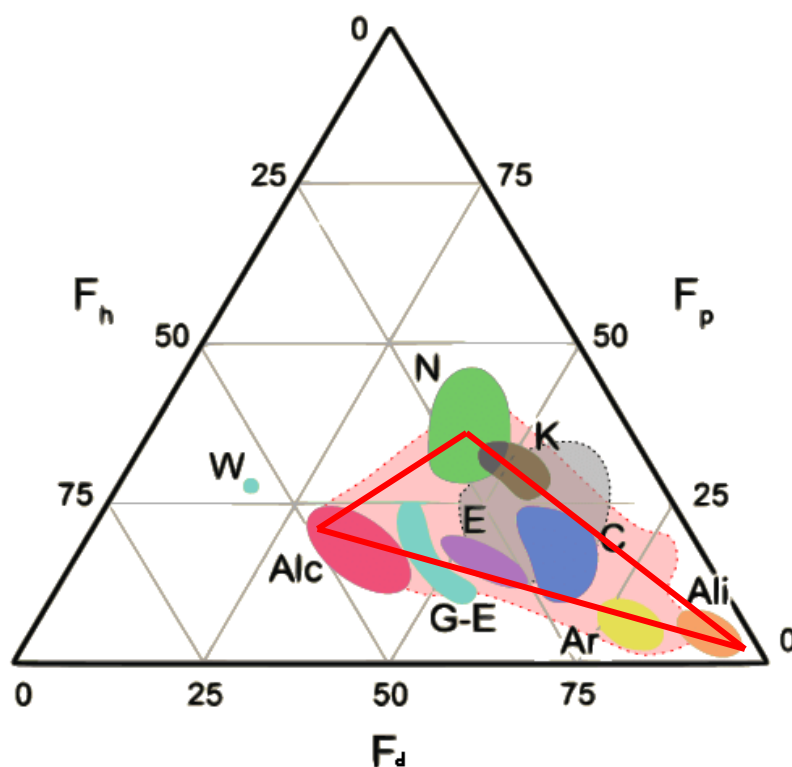


Ilustración 8: Triángulo de Teas, con la solubilidad de la mayoría de barnices y productos de restauración marcados con figuras de diferentes colores. [Ilustración], por Baij, L., Hermans, J.J., Ormsby, B. y Keune, K., 2020. ResearchGate ([https://www.researchgate.net/figure/The-Teas-chart-projecting-three-dimensional-Hansen-solubility-parameters-onto-a-fig1\\_341191019](https://www.researchgate.net/figure/The-Teas-chart-projecting-three-dimensional-Hansen-solubility-parameters-onto-a-fig1_341191019)). NaturePortfolio. El triángulo rojo, por su parte, indica las zonas de solubilidad que cubre el Test de Wolbers, bastante extensa.

Este aumento de la solubilidad (que conlleva consigo una mayor efectividad en la limpieza, así como un incremento en la variedad de componentes que se pueden erradicar) se consigue porque los productos elegidos aumentan el número de enlaces de hidrógeno entre los disolventes y los compuestos a eliminar, lo cual facilita su retirada del bien.

De conocer, fruto de una estratigrafía, la naturaleza de los materiales constituyentes de la pieza, deberían localizarse en el triángulo y, a partir de esa información, aplicar el sistema o disolvente más adecuado, en base a su solubilidad.

En cuanto a los test realizados en el taller, cada mezcla de disolventes se probó tanto en las zonas rojas como en las negras. Esta precaución debe tomarse siempre que se le realice una limpieza a una pieza policromada, ya que cada pigmento reacciona de forma diferente a un disolvente concreto, pudiendo necesitarse un disolvente diferente para cada color. Los resultados obtenidos, en este caso, fueron los que se muestran a continuación, para cada pigmento:

ROJO:					
	White Spirit:	WS/Isopropanol (3:1):	WS/Isopropanol (1:1):	WS/Isopropanol (1:3):	Isopropanol:
<b>Serie 1:</b>	Elimina suciedad superficial, pero produce	Produce pasmosos.	Elimina suciedad en menor cantidad, pero produce	Retira la suciedad de forma muy efectiva, pero produce	Ídem de la mezcla anterior, con ligeros pasmosos de la capa pictórica.

	pasmados.		pasmados.	pasmados.	
	<b>WS/aceto na (3:1):</b>	<b>WS/acetona (1:1):</b>	<b>WS/acetona (1:3):</b>	<b>Acetona:</b>	
<b>Serie 2:</b>	Retira poca suciedad y causa pasmados leves.	Elimina muy bien la suciedad, pero también retira parte de la capa pictórica. Produce pasmados en zonas concretas.	Ídem de la mezcla anterior, pero con pasmados mucho menores.	Elimina bien la suciedad, con ligeros pasmados.	
	<b>Acetona/I sopropan ol (3:1):</b>	<b>Acetona/Iso propanol (1:1):</b>	<b>Acetona/Isopr opropanol (1:3):</b>	<b>Alcohol etílico:</b>	
<b>Serie 3:</b>	Elimina tanto la suciedad como la pintura.	Ídem de la mezcla anterior, aunque en menor grado y si se insiste demasiado con la limpieza.	Retira la suciedad de forma moderada, sin afectar al color. Pasmados muy suaves, por zonas. Es el que ha ofrecido mejores resultados para este color.	Elimina bien la suciedad, pero produce pasmados por zonas. También afecta a la capa pictórica, retirando parte de la misma.	

<b>NEGRO:</b>					
	<b>White Spirit:</b>	<b>WS/Isoprop anol (3:1):</b>	<b>WS/Isopropan ol (1:1):</b>	<b>WS/Isoprop anol (1:3):</b>	<b>Isopropanol:</b>
<b>Serie 1:</b>	Produce pasmados.	Retira bien la suciedad, pero también produce pasmados, aunque en menor proporción.	Ídem de la mezcla anterior.	Retira bien la suciedad, pero produce pasmados leves.	Ídem de la mezcla anterior, eliminando mejor la suciedad.
	<b>WS/aceto na (3:1):</b>	<b>WS/acetona (1:1):</b>	<b>WS/acetona (1:3):</b>	<b>Acetona:</b>	
<b>Serie 2:</b>	Limpia muy poco y produce pasmados.	Ídem de la mezcla anterior.	Elimina mucha suciedad y, en apariencia, no produce muchos pasmados o estos son muy leves.	Ídem de la mezcla anterior.	
	<b>Acetona/I</b>	<b>Acetona/Iso</b>	<b>Acetona/Isopr</b>	<b>Alcohol etílico:</b>	

	<b>sopropanol (3:1):</b>	<b>propanol (1:1):</b>	<b>opropanol (1:3):</b>	
<b>Serie 3:</b>	Retira bien la suciedad, pero produce pasmados leves.	Ídem de la mezcla anterior, con menos pasmados.	Retira moderadamente la suciedad, provocando pasmados muy leves o sin pasmar en absoluto, según la zona. Parece ser el más adecuado para este color.	Elimina bien la suciedad, pero a costa de producir ligeros pasmados.

Tabla 4 y Tabla 5: Resultados obtenidos en cada disolvente, durante la limpieza química.

En la imagen siguiente, además, se aprecia de forma gráfica la efectividad de cada mezcla de disolventes:



Fig. 147: Hisopos utilizados para probar cada mezcla de disolventes, que sirven como testigos del grado de eficacia de cada una.

Aunque, pasado poco tiempo, la gran mayoría de disolventes producían pasmados sobre la superficie de la pintura (como los de las figs. 148, 149 y 150, bajo este párrafo), al cabo de 24 horas muchos de ellos habían desaparecido, quedando sólo algunos pasmados en zonas de color negro, aparentemente más delicado que el rojo.



Fig. 148, Fig. 149 y Fig. 150: Ejemplos de zonas pasmadas, señaladas en azul, sobre la superficie de la capa pictórica.

Como añadido, se decidió probar también con alcohol etílico de 96°, para comprobar qué efecto tenía sobre los pigmentos. Aunque en un primer momento parecía ser el más indicado, al cabo de un rato terminó produciendo un pasmado bastante en toda la zona en la que se utilizó, por lo que se descartó completamente.



Fig. 151: Pasmado general, sobre el ala derecha.

Tras concretar que, en mayor o menor medida, todos los disolventes producían pasmados sobre la capa pictórica, se consultó con el tutor qué solución aplicar. Tras muchas deliberaciones, se decidió utilizar acetona con isopropanol en proporción 1:3, ya que era el que había ofrecido mejores resultados en ambos colores, pero añadiéndole, además, unas gotas de alcohol bencílico para prevenir futuros pasmados. Ya encontrado el disolvente adecuado, sólo quedaba iniciar el proceso definitivo de limpieza.

Debía ponerse extrema precaución al limpiar las acumulaciones más gruesas de suciedad, sin ejercer demasiada presión ni frotar el hisopo en exceso, ya que esto provocaba desprendimiento del color, dada la extrema fragilidad y la mínima estabilidad estructural de la capa pictórica. Es por esto que se limpiaba una zona con cuidado y se le dejaba “descansar” durante un corto período de tiempo, eliminando las capas de suciedad poco a poco y de manera lenta y metódica. Para llevar a término la limpieza de manera eficiente, sin alargar demasiado el proceso en el tiempo, se concentraba el esfuerzo en un punto concreto de la pieza y, mientras se le dejaba reposar, se seguía trabajando en las zonas circundantes o, en su defecto, en otros puntos más alejados, en función de las necesidades que presentase cada uno.

Como parte del proceso de limpieza se eliminaron mecánicamente los restos sobrantes de un adhesivo antiguo y ya oxidado, que sobresalían de todas las uniones de la maqueta y que afeaban el aspecto de la pieza, impidiendo apreciar bien sus colores y/o su estructura, en determinados puntos (fig. 152). Para este paso se impregnaron los residuos a eliminar con acetona pura, utilizando un hisopo de algodón, y se dejó actuar al disolvente durante unos minutos, de modo que “hinchase” el adhesivo y su extracción fuese mucho más sencilla.



Fig. 152: Eliminación mecánica del adhesivo oxidado, con un bisturí.

Para las zonas más problemáticas, con una gran cantidad de adhesivo fuertemente adherido, se utilizó una mezcla de acetona y White Spirit en proporción 1:1. En estos puntos, tratar de extraerlo de la misma forma que en el resto de la pieza ponía en serio peligro los estratos subyacentes, de especial sensibilidad y en estado especialmente frágil, por lo que se tornó necesario utilizar un disolvente más agresivo y controlar su aplicación. Para ello se contó con pequeñas guatas de algodón, impregnadas con el disolvente mencionado, y se colocaron sobre la zona a tratar en cada momento, durante varios minutos y poniendo atención en su adecuada adhesión (fig. 153).



Fig. 153: Aplicación controlada de una mezcla de acetona y White Spirit, para la eliminación del adhesivo más adherido y problemático. Las pequeñas guatas de algodón se han impregnado y colocado con especial cuidado sobre las zonas a tratar.

Al contrario que el paso anterior, para el que se empleó únicamente un disolvente de naturaleza acuosa, para esta parte del tratamiento se utilizaron además tanto un bisturí como unas pinzas, para ir despegando y retirando los restos de adhesivo de forma muy lenta y cuidadosa, poniendo especial énfasis en no dañar la capa pictórica ni, en el peor de los casos, el soporte.

Una vez terminada la estructura de madera, sólo restaba eliminar la capa de suciedad depositada en las piezas metálicas de la obra: el motor y las ruedas. Para esta parte del proceso se utilizó el mismo disolvente empleado en el resto de la maqueta, impregnando con cuidado la superficie de estas zonas y dejando que ablandase la suciedad durante varios minutos. A continuación, se utilizó un hisopo para expeler la mayor cantidad posible de las concreciones, empleando además el bisturí para retirar mecánicamente las que se encontraban más afianzadas y que la limpieza normal con hisopo no podía eliminar.



Fig. 154: Eliminación de suciedad superficial del motor, con un bisturí.

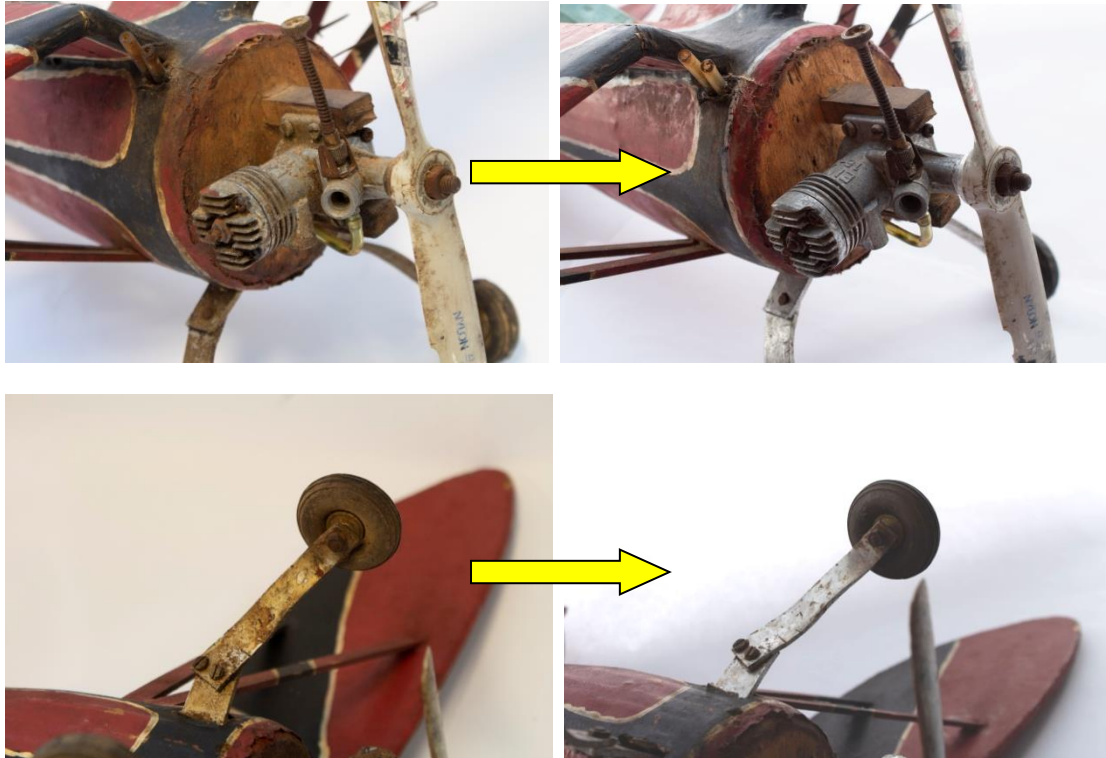


Fig. 155 y Fig. 156: Comparativa entre el motor y las ruedas antes (izqda.) y después (dcha.) de su limpieza.

Para las zonas oxidadas se aplicó ácido tánico en una proporción del 5%, disuelto en alcohol, para frenar el proceso de corrosión. Después, se utilizó un lápiz de fibra de vidrio para extirpar la mayor cantidad posible de óxido, sin pretender eliminar por completo la superficie ya corroída (fig. 157).



Fig. 157: Aplicación de ácido tánico sobre las zonas oxidadas.

## 2) Consolidación y fijación de estratos

## 2.1) Fijación de la capa pictórica

Ya finalizada la limpieza de forma satisfactoria, podía continuarse con el siguiente tratamiento, consistente en la adhesión de la capa pictórica desprendida y en la consolidación de las lagunas estructurales, presentes por toda la superficie de la maqueta, por ese orden.

Para la fijación de la capa pictórica, tras analizar y comparar diversos productos, se optó por emplear un adhesivo sintético: Acril® 33, disuelto al 20% en agua destilada. Se decidió utilizar un producto sintético por su mayor capacidad de adhesión, si se compara con la de un adhesivo tradicional, como sería cualquier clase de cola animal (de conejo, de pescado, etc.).

El procedimiento se llevó a cabo de la siguiente manera: al igual que en un sentado de color convencional, se cubrió la zona a tratar con papel tisú, de grosor y consistencia muy reducidos, y se impregnó con una mezcla de agua y alcohol etílico, a partes iguales, para disminuir la tensión superficial del soporte y facilitar la penetración del adhesivo (fig. 158).



Fig. 158: Aplicación de agua y alcohol etílico, en proporción 1:1, sobre el papel tisú.

Tras unos segundos y con la ayuda de una jeringuilla con aguja, se inyectó el cohesivo en las zonas levantadas con la ayuda del papel tisú, que contribuyó a extenderlo homogénea y efectivamente por toda la superficie a adherir (fig. 159). Para ambos procesos, se colocó un pedazo de bayeta bajo la jeringuilla, para evitar que los fluidos goteasen y pudiesen causar perjuicios al resto de la superficie de la pieza. Posteriormente, con esta misma bayeta, se ejerció presión de forma suave pero firme, para ayudar a unir la capa pictórica de nuevo al soporte, pero poniendo especial cuidado en no romperla (fig. 160).



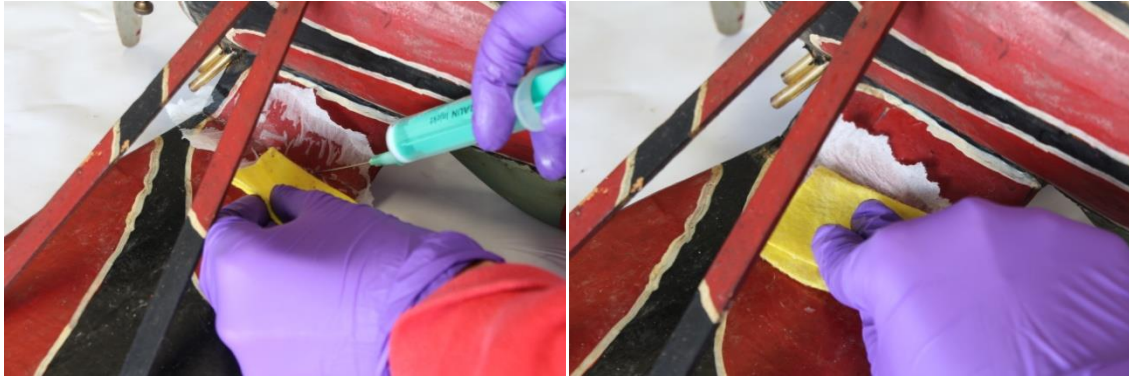


Fig. 159 y Fig. 160: Proceso de inyección del adhesivo (izqda.) y adhesión mecánica de la capa pictórica desprendida (dcha.).

Se repitió el proceso cuantas veces fue necesario hasta que se consiguió dejar la capa pictórica bien adherida. Una vez finalizado, se retiró el papel tisú con mucho cuidado y con la asistencia de unas pinzas y se dejó secar el adhesivo al aire durante un mínimo de 24 horas, antes de continuar con el tratamiento. Una vez seco el adhesivo, el resultado obtenido ha sido muy efectivo y satisfactorio, como se muestran en las figs. 161 y 162, a continuación.



Fig. 161 y Fig. 162: Señalados en verde, puntos de la capa pictórica, anteriormente desprendidos, tras el proceso de fijación y su correspondiente tiempo de secado.

Por otro lado, debido a la disgregación que presentaba la madera del soporte en la zona de la cola, se optó por devolverle solidez con un adhesivo sintético, de mucha mayor capacidad de cohesión que una cola natural. Por sus características, se utilizó una mezcla de Paraloid® B-72, disuelto en tolueno al 10%, que se inyectó directamente en la región a consolidar (fig. 163).

Este tratamiento, si bien sencillo, evitaría o retrasaría futuras pérdidas de materia, debido a la falta de adhesión del propio soporte. Además, aseguraría todo el estrato durante el resto de la intervención, previniendo desprendimientos o una disgregación mucho mayor.



Fig. 163: Inyección de Paraloid® B-72 en la cola, para la consolidación de su estructura.

## **2.2) Corrección de elementos estructurales**

En cuanto a la consolidación estructural, debe dividirse el proceso en la adhesión y corrección de elementos o bien separados, o bien mal intervenidos en el pasado; y la compleción de faltas de materia a nivel de soporte.

En este primer caso, la primera parte a reparar era uno de los pequeños tablillas de madera, localizado bajo el ala izquierda, que se encontraba separado (fig. 164). Como ya se habían eliminado restos de adhesivo de la zona con anterioridad se puede suponer, con poco margen de error, que este problema ya existió en el pasado y se trató de arreglar, sin mucho éxito.

Para volver a unirlo, dadas la reducida superficie a tratar y las características de la madera de soporte, fue suficiente con emplear acetato de polivinilo (PVA o cola blanca) empleando pequeños puntos de unión, y siempre intentando evitar los excesos (figs. 164 y 165). Una vez bien colocada la madera, se retiró la cola sobrante (fig. 166) y se fabricó un sistema provisional para que ejerciese presión sobre la zona, de modo que la madera no se moviese pero que, a la vez, tampoco se le aplicase demasiada fuerza y acabase rompiéndose.

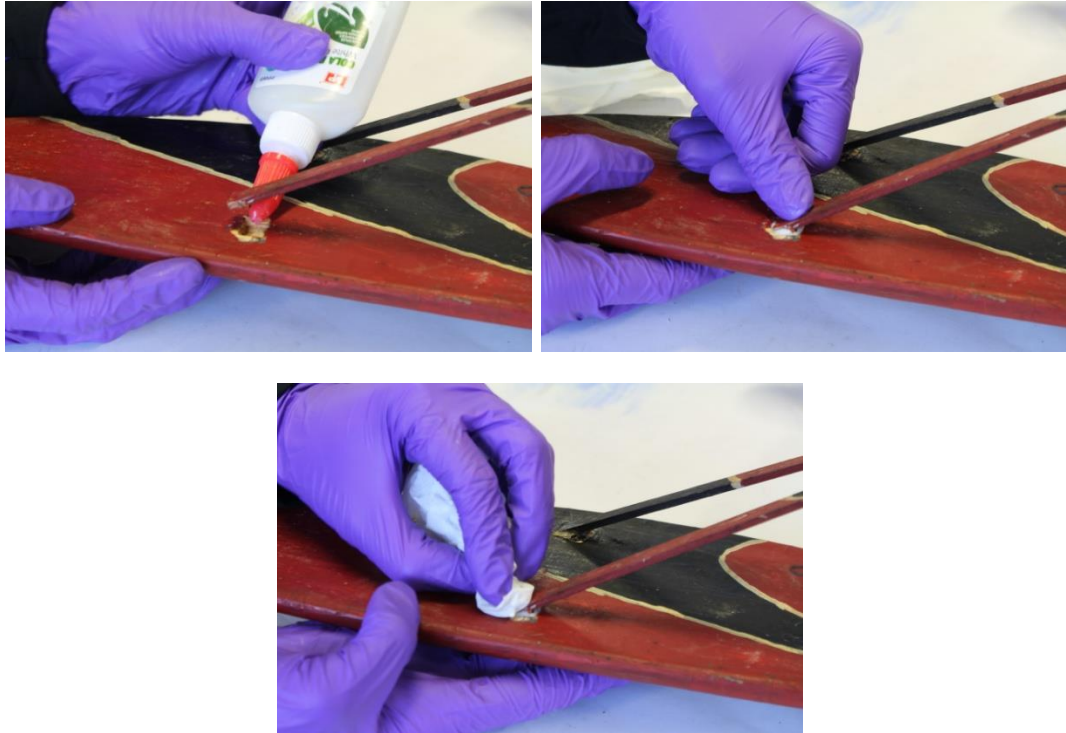


Fig. 164, Fig. 165 y Fig. 166: Proceso de adhesión de uno de los soportes del ala derecha, incluyendo la aplicación de cola blanca, retirada del pegamento sobrante.



Fig. 167: Resultado final, con el soporte ya pegado y seco.

El segundo elemento que debía corregirse se trataba del alerón izquierdo, en la parte trasera. Al parecer, este se rompió en el pasado y trató de adherirse de nuevo, utilizando para ello una gran cantidad de adhesivo. Sin embargo, la reparación no se llevó a cabo correctamente y la madera quedó torcida, perjudicando a su estructura y correcta apreciación estética (fig. 168).

Tras la retirada del adhesivo oxidado, se aprovechó para rectificar la posición de este alerón. Para ello, se humedeció la superficie a arreglar y se utilizó un peso para ejercer presión ininterrumpida sobre él, de modo que su posición se corrigiese adecuadamente.

Cuando se humedece un material de tipo orgánico (como madera, papel o tela, principalmente), su estructura se vuelve mucho más plástica y receptiva a sufrir modificaciones estructurales, si se le aplica la presión adecuada. Se suelen emplear sacos de arena, ya que se adaptan mucho mejor a las formas que pueda presentar el material, impidiendo que se modifiquen zonas que no se desean rectificar.

Tras varias horas de presión continua, se consiguió un resultado más que adecuado, quedando el alerón completamente alineado (fig. 169).

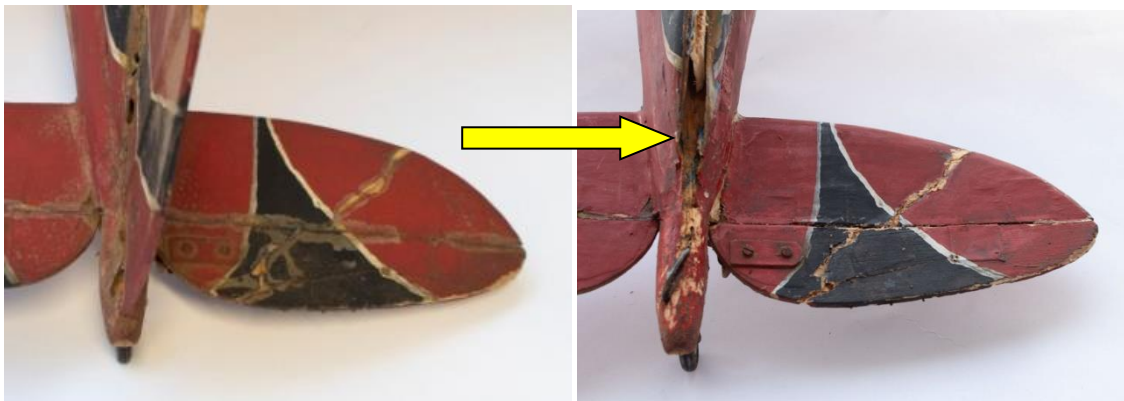
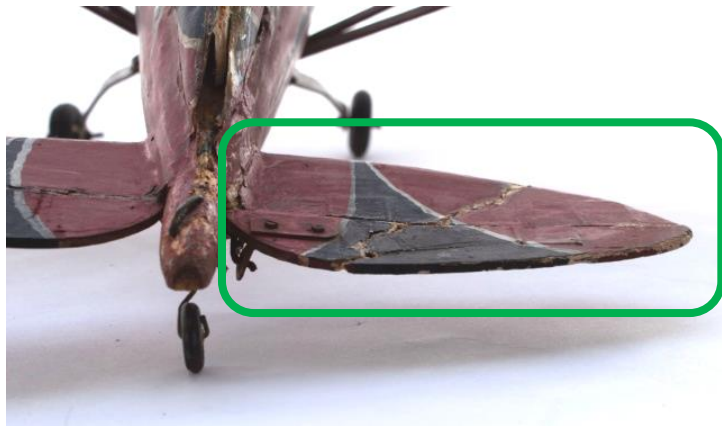


Fig. 168 y Fig. 169: Arriba, aspecto final del alerón, tras su corrección estructural. Abajo, comparativa entre el antes (izqda.) y el después (dcha.) del tratamiento.

### ***2.3) Rellenado de lagunas de soporte***

El único procedimiento restante, a nivel estructural y de soporte, consistió en la reposición de las zonas faltantes de materia, para lo que se utilizó pasta de madera epóxica Axson®.

Como cualquier clase de masilla epóxica, esta consta de dos componentes (la propia resina y un endurecedor o catalizador, que acelera y asegura su fraguado), que han de mezclarse en partes iguales. En este caso, se pesaron individualmente la resina y el endurecedor con una báscula, para asegurar que la mezcla fuese lo más equitativa posible, y se amasaron en conjunto con las manos, hasta obtener una pasta de apariencia homogénea y de consistencia similar a la de la plastilina.



Fig. 170: Masilla epóxica Axson® durante el amasado, antes de su utilización.

Debido a su rápida velocidad de secado, en comparación a otros compuestos de características similares, se fueron preparando pequeñas cantidades a medida que iba surgiendo la necesidad, en lugar de mezclar una gran cantidad de una sola vez.

Con la ayuda de una pequeña espátula, se fueron tomando porciones muy reducidas de pasta, en función del tamaño de la zona a rellenar, y se aplicaron con esmero sobre las lagunas estructurales, procurando rellenar bien los huecos y sin dejar grumos o irregularidades en la capa más superficial (figs. 171 y 172). Este último aspecto era de especial relevancia para asegurar un acabado pulcro y estéticamente apropiado que, además, facilitase la posterior reintegración cromática.

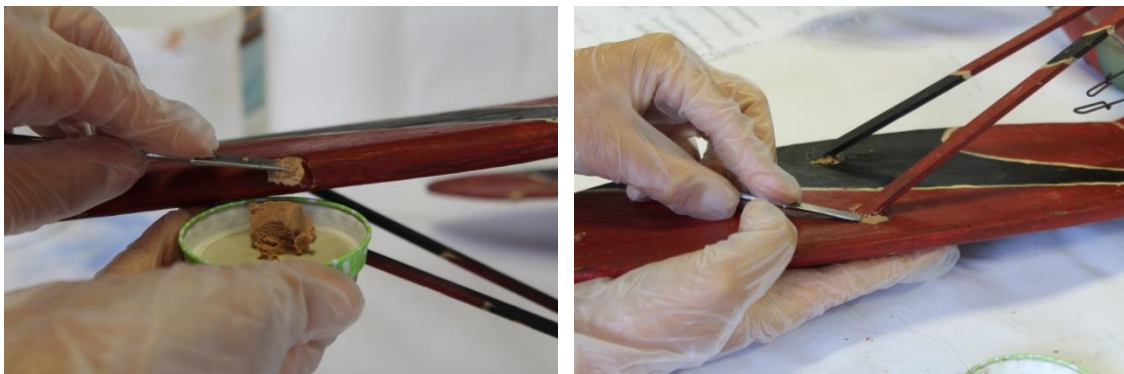


Fig. 171 y Fig. 172: Aplicación de la pasta epóxica (izqda.) y alisado superficial con espátula, para eliminar posibles anomalías o desniveles (dcha.).

Se aprovechó este punto del tratamiento para, ya con la estructura que añadía la masilla, unir definitivamente las zonas de la capa pictórica más rebeldes, que no habían podido ser corregidas anteriormente (figs. 173 y 174).



Fig. 173 y Fig. 174: Ejemplo de la adhesión de una de las zonas más desprendidas de la policromía, situada en la mitad inferior del alerón derecho, una vez se contaba con el soporte estructural adecuado, fruto de la adición de la masilla Axson®. A la derecha, su proceso de secado, con ayuda de la presión constante de una pinza de pequeño tamaño.

En consonancia con este criterio, cuando la resina estuvo seca, se utilizó una pequeña lima de diamante para pulir su superficie y obtener un resultado más uniforme y enrasado a nivel (fig. 175). También, cuando se tornó necesario, se contó con la ayuda de un bisturí, para modificar la forma de la pasta en puntos concretos, como la reconstrucción realizada en el alerón central trasero, por ejemplo (fig. 176).

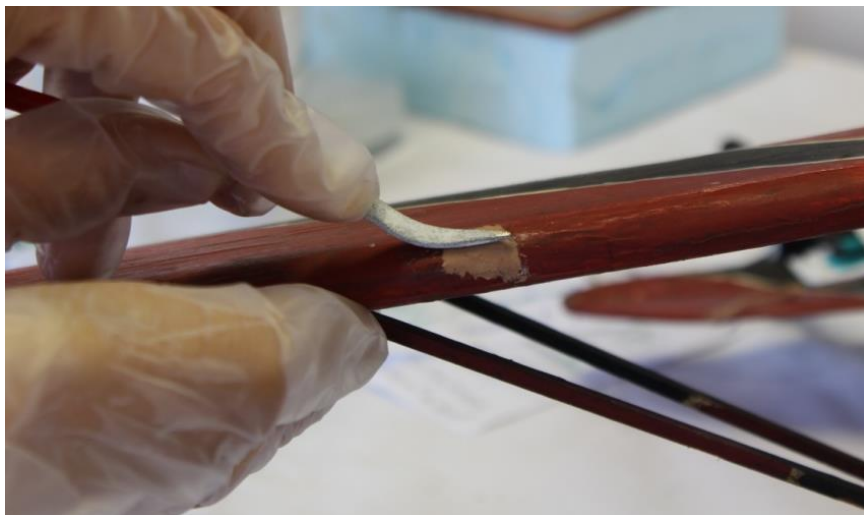


Fig. 175: Unificación de las lagunas consolidadas, con lima de diamante.

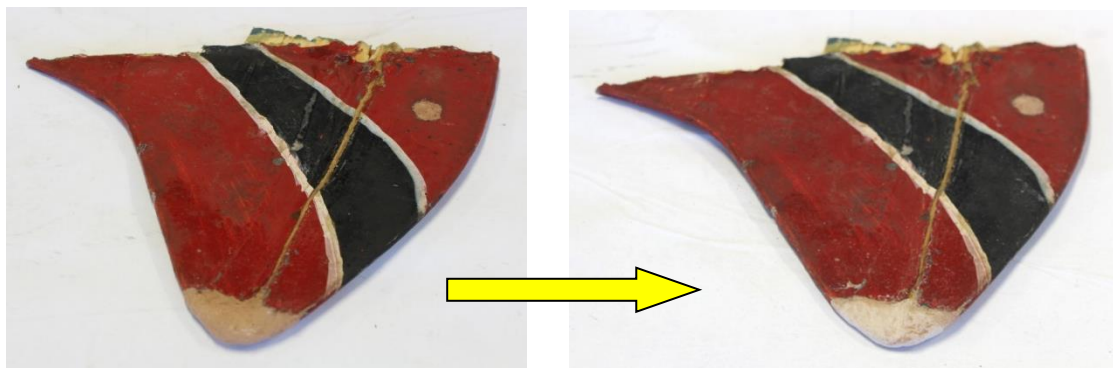


Fig. 176: A la izquierda, punta del alerón trasero, reconstruida con pasta de madera y antes de ser lijada. A la derecha, aspecto que ofrecía tras su homogenización, tanto con limas de diamante, para su superficie; como con bisturí, para su forma.

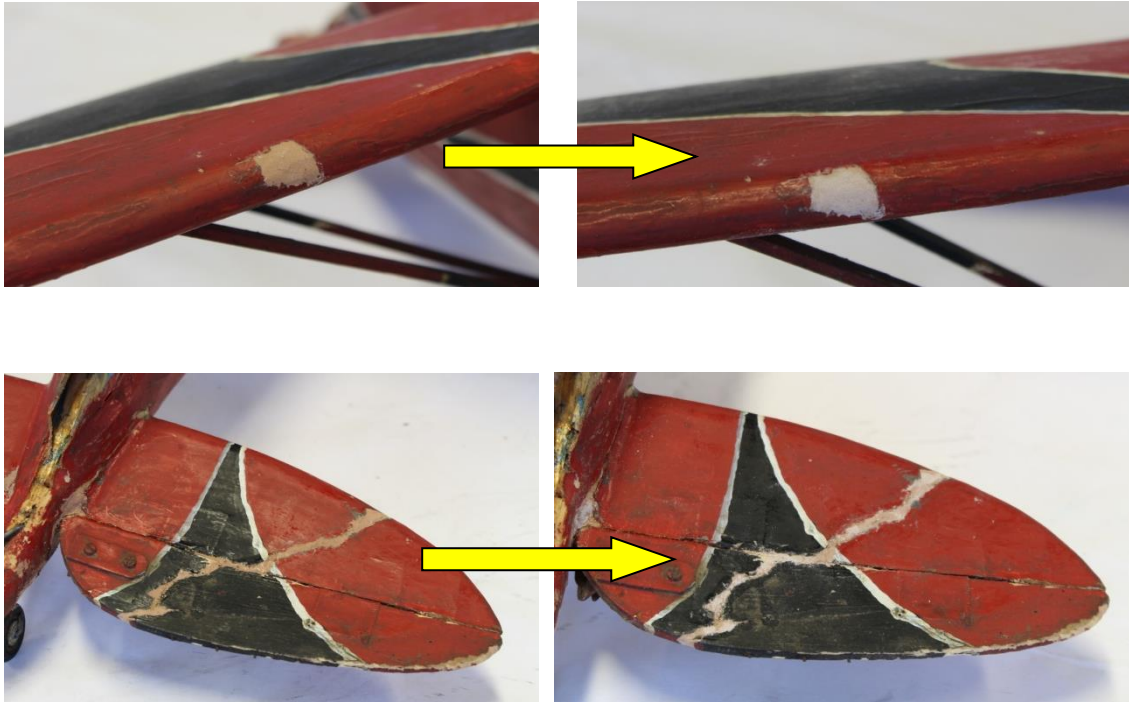


Fig. 177 y Fig. 178: Ejemplos de varias de las lagunas consolidadas antes (izqda.) y después (dcha.) del proceso de lijado, correspondientes a la parte inferior del ala izquierda, al lateral del ala derecha, a la zona superior del ala izquierda y a la parte superior del ala izquierda y a la parte superior del alerón trasero derecho, respectivamente.

Cuando todas las lagunas se encontraron correctamente pulidas y niveladas, se les aplicó una capa de Acril® 33 a modo de protección y, además, como base para la reintegración cromática (fig. 179). Este compuesto también reducía la porosidad de la pasta de madera, evitando que la posterior reintegración pudiese filtrarse o ser absorbida por ella.



Fig. 179: Adición de la capa de Acril® 33.

#### **2.4) Unión del alerón trasero y parches**

Finalizada la consolidación de todas las lagunas con la resina, tanto por la zona superior como inferior, era el turno de incorporar el alerón central al resto de la maqueta. El mal estado en el que se encontraban sus zonas de unión y, a su vez, la falta de puntos de contacto entre el alerón y la cabina del avión, (que imposibilitaban su inmovilidad durante

el secado, tornándolo imposible por medios convencionales), se ideó un sistema de sujeción que permitiese asegurar la estabilidad a largo plazo de esta pieza, sin provocarle más daños al resto de la estructura.

Este sistema consistió en la utilización de una pequeña cinta de tela, que funcionaría como estabilizador y ayudaría en la adhesión del alerón, aportándole además un mayor grado de resistencia mecánica durante y después de la intervención. El tejido elegido ha sido de algodón y poliéster, de trama cerrada, muy similar al encontrado en otros puntos de la maqueta (como la cabina, por ejemplo). El criterio de selección se ha basado en tratar de imitar el sistema de refuerzo que se había empleado originalmente en otras zonas de la pieza, utilizando una fina malla de plástico.

Primero, se recortó una tira de unos 3 cm de ancho y se pegó con cola blanca al hueco dejado por la cola, con la ayuda de una pequeña espátula (fig. 180). Se procuró adherir bien el tejido a toda la superficie de la laguna, de modo que no existiese riesgo de desprendimientos o irregularidades posteriores.

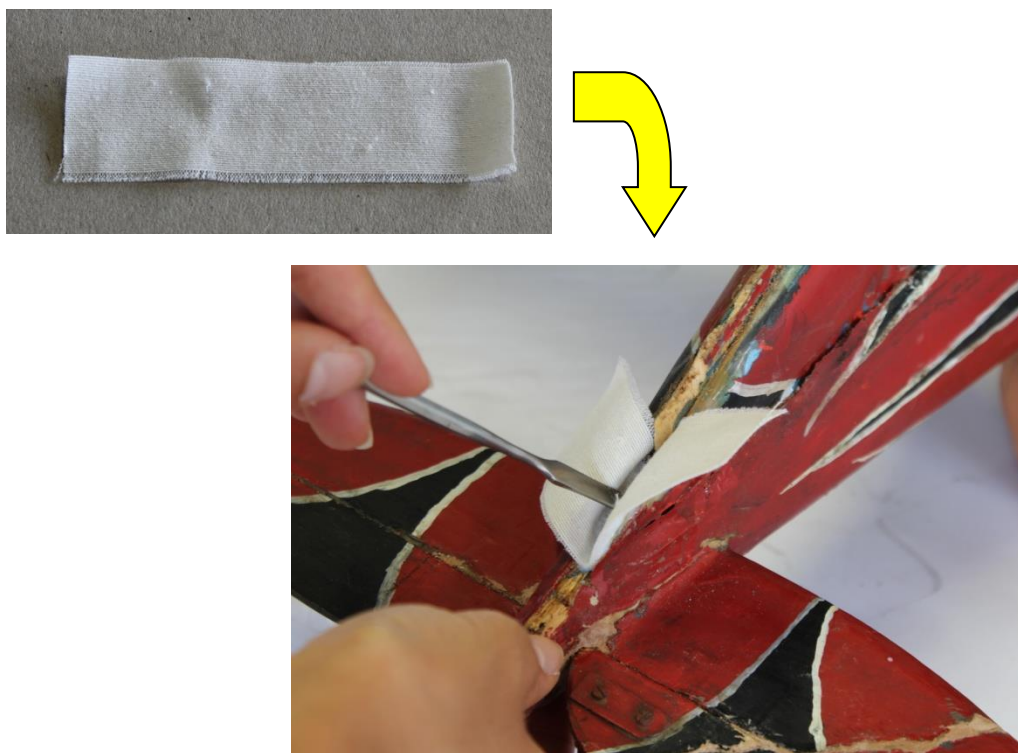


Fig. 180: Tira de tela utilizada (arriba) y proceso de adhesión (abajo).

Ya finalizado su secado, se recortaron ambos extremos, respetando el tamaño y forma de la zona desprendida de la manera más ajustada posible. Después, se colocó el alerón en su lugar, para proceder a su unión, habiendo añadido cola blanca previamente en los puntos de unión que tenía con el resto de la pieza, incluyendo la cinta de tela. Por motivos estéticos, se pegó la máxima extensión de tejido posible para sujetar adecuadamente el alerón, pero sin cubrirlo más de lo necesario (figs. 181 y 182, a continuación). De este modo, aunque se sacrificase un mínimo de su apariencia original, se conseguía una adhesión y resistencia mucho mayores a largo plazo.





Fig. 181 y Fig. 182: Vista lateral (arriba) y casi frontal (abajo) del aspecto de la cinta de tela ya recortada y del alerón, colocado para su secado.

Una vez se confirmó que todo se encontraba correctamente colocado, se empleó un sistema de sujeción con dos sargentos y láminas de poliestireno extrusionado (Ethafom®), para asegurar que el alerón se mantenía erguido y en su lugar, durante el proceso de secado (fig. 183).



Fig. 183: Sistema de sujeción empleado para el secado correcto del alerón.

Cuando estuvo seco, y tras comprobar que la unión era estable y resistente, se rellenaron los huecos que quedaban entre el alerón y la parte trasera del cuerpo del avión, también con pasta de madera. Para ello, se siguió el mismo procedimiento que para el resto de las lagunas (figs. 184 y 185, bajo este párrafo). Este paso no sólo contribuyó a homogeneizar la apariencia de la pieza, sino también a aumentar su firmeza y a evitar que este elemento volviese a desprenderse en el futuro.



Fig. 184 y Fig. 185: Aspecto de las lagunas estructurales en la zona del alerón, tras haber sido rellenadas con masilla Axson®, por ambos laterales.

Por su parte, también se utilizó el tejido para realizar refuerzos de tela en enclaves muy concretos de la maqueta: en la parte izquierda de la cabina (si se observa la pieza desde atrás), en la que había un agujero; y en la zona de unión entre el alerón trasero derecho y el cuerpo central de la cola, cerca de la rueda trasera (fig. 186), destacando especialmente esta última.

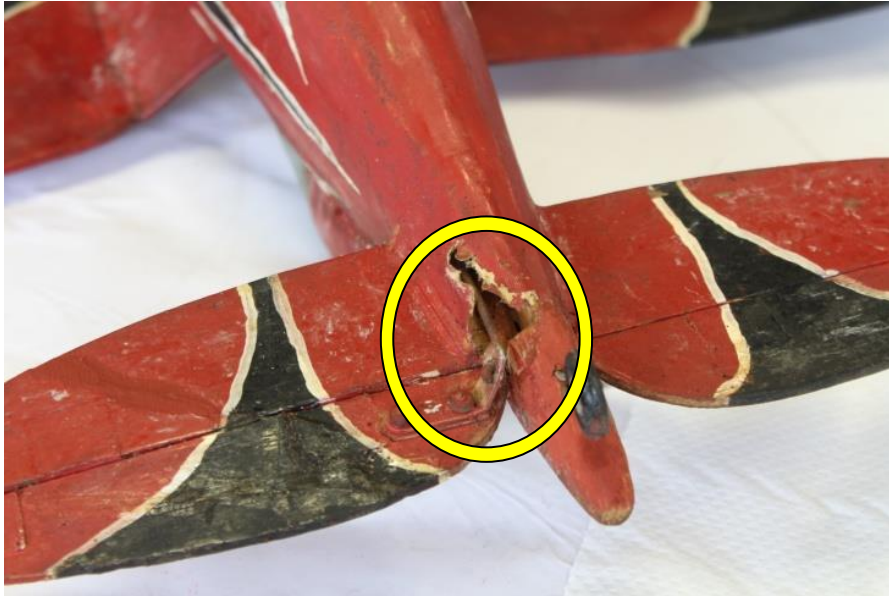


Fig. 186: Zona en la que se llevó a cabo el refuerzo.

En este último punto existe un evidente desgarró en la superficie y, además, se observa claramente el empleo de tela, por lo que se optó por llevar a cabo un pequeño parche, con un material similar, para repararlo. En esta zona no había madera originalmente, por lo que no se trataría estrictamente de una pérdida volumétrica, sino de una rotura en la tela de refuerzo original.

En cuanto al hueco de la zona de la cabina, se fabricó otro refuerzo, también. Esta decisión se tomó en base a que la pasta de madera no tenía soporte para mantenerse de forma adecuada hasta su polimerizado. Por otro lado, se trataba además de un material demasiado pesado, en comparación con el utilizado originalmente para la cabina, más ligero, delgado y frágil. Un refuerzo de tela encolada se adaptaría mucho mejor a las cualidades del material original que la pasta de madera, solucionando a la vez el problema de la falta de soporte.

Para la consecución y adhesión de estos parches, se siguió un proceso similar al utilizado para unir el alerón al cuerpo del avión: se recortaron de un tamaño ligeramente mayor al de la zona que recubrirían, procurando respetar al máximo su forma y orientación; se desflecaron; y se pegaron con cola blanca, valiéndonos también de una espátula, para llegar a las zonas más difíciles (figs. 187 a 190).





Fig. 187, Fig. 188, Fig. 189 y Fig. 190: Proceso de reparación de la zona inferior de la cola, por medio de un parche. Primero, se le dio cuerpo pegando un retal de tela por la parte de abajo, pegando bien todas las zonas que se encontraban desprendidas o “en el aire”, sin ningún tipo de estructura. Posteriormente, se remató el proceso con el barnizado, para terminar de adherir los puntos que no había sido posible pegar en primera instancia, además de haber utilizado pigmentos al barniz para unificar su apariencia.

Por otro lado, para la adhesión y consolidación del lateral derecho de la cabina (cuya unión con el cuerpo se encontraba deteriorada y separada, como muestra la fig. 191), se contó con los hilos más gruesos de la tela. Esta parte del proceso fue tan sencilla como sumergirlos en cola blanca y, con la ayuda de una espátula delgada, irlos introduciendo en el espacio entre la cabina y la superficie desprendida, ejerciendo una suave presión para afianzarla (figs. 191 y 192). Ante la imposibilidad de consolidar esta sección con pasta de madera, como las demás, se decidió respetar su aspecto externo y, simplemente, otorgarle una discreta forma de unión, para evitar futuros desprendimientos.



Fig. 191 y Fig. 192: Consolidación de la cabina, con hilos del tejido utilizado para los parches.

### 3) Reintegración

Ya recuperado el volumen de las lagunas y asegurada la capa pictórica preexistente, en toda restauración que se precie no puede faltar una reintegración cromática de calidad, que ayude a unificar y mejorar la apariencia del bien a ojos del espectador.

Si bien pueden seguirse numerosos criterios, en cuanto a este procedimiento se refiere, debido a las circunstancias de la pieza se ha optado por llevar a cabo una reintegración con *rigattino*, atendiendo a un criterio de diferenciación. Esto quiere decir que se trataría de aproximarse al color de la policromía original, utilizando capas sucesivas de líneas muy finas y con poca separación entre ellas, de diferentes matices (figs. 193, 194 y 195).

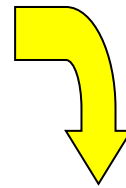
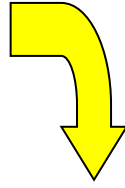


Fig. 193, Fig. 194 y Fig. 195: Proceso de reintegración: primero, se aplicó una base de color claro (arriba). Después, se fueron realizando líneas de color cada vez más finas y juntas, para crear una zona de color que se mimetizase lo máximo posible con la policromía circundante (centro y abajo).

Este método crea una ilusión óptica en el espectador, que interpreta los diferentes conjuntos de líneas como una única “zona de color”, unificando la apariencia externa del bien restaurado. Aunque estas reintegraciones, vistas desde lejos, no supondrían un inconveniente y se mimetizarían con el resto de la capa polícroma, examinadas a corta distancia dejarían claro que la maqueta ha sido intervenida y que, por lo tanto, estas zonas no formarían parte de la capa de pintura primitiva de la pieza. Este último aspecto es de gran relevancia, puesto que no se estaría tratando de hacer pasar a estas reintegraciones como parte del original y, por tanto, cometiendo una falsificación.

Para llevar a cabo la reintegración cromática de la pieza, se han utilizado pigmentos correspondientes a diferentes matices de rojo, tierra, siena y negro, destacando los siguientes: rojo de Venecia o Venetto, rojo de cadmio claro, rojo de cadmio oscuro, siena tostada, sombra tostada y negro humo, combinados en diferentes proporciones y aplicados en finas líneas, hasta conseguir que el color de las lagunas no se distinguiese, a

simple vista, del resto de la policromía (figs. 196, 197 y 198). Como aglutinante, se ha empleado Acril® 33.



Fig. 196, Fig. 197 y Fig. 198: Ejemplos de otros puntos de la pieza, correspondientes a las alas (arriba y centro) y al alerón trasero (abajo), ya reintegrados.

#### **4) Protección final**

Como último paso de una intervención de restauración, si el bien lo requiere y permite, se suele incluir una capa de protección con barniz, resinas sintéticas o, en su defecto, con goma laca y/o materiales similares.

El propósito principal de añadir este estrato parte de la necesidad de crear una barrera entre la pieza ya intervenida y los agentes externos, potencialmente agresores, que pueda haber en su medio circundante, con el fin de protegerla de posibles perjuicios futuros o, en su defecto, de minimizar su impacto en el mayor grado posible.

En este caso, se ha optado por aplicar una capa final de protección, en primer lugar, para reducir el efecto de los aerosoles que abundan en su emplazamiento original, evitando que estos lleguen a la capa polícroma. Por otro lado, la adición de esta capa también facilita su limpieza y, por ende, su adecuado mantenimiento a futuro. Además, la saturación que el barniz produce sobre la pintura también ha permitido igualar, a nivel visual, las reintegraciones cromáticas realizadas, aportándoles brillo y una mayor intensidad al color (figs. 200 y 201).

Dadas las características de la propia pieza, sumándole la naturaleza y vulnerabilidad de las intervenciones llevadas a cabo, se decidió utilizar Paraloid® B-72, disuelto al 10% en tolueno, como protección. Entre las razones por las que se ha optado por emplear este compuesto se encuentran, principalmente, que ayuda a reducir la porosidad del área en la que se aplica, disminuyendo además su fragilidad; que merma la absorción de agua a nivel superficial; y que casi no altera la apariencia del objeto sobre el que se coloca (CTS España, s.f.).

Una vez elegido el producto, debía escogerse un método de aplicación adecuado. Debía tenerse en cuenta que no dañase la pieza ni pudiese estropear alguno de los tratamientos, como las reintegraciones o la unión del alerón trasero, susceptible de caerse si se le aplicaba mucha presión. La única opción que cumplía con estas condiciones y que, además, era económica y mecánicamente accesible (al no necesitar instrumental especializado para ello) era el barnizado con brocha, por lo que se llevó a cabo de esa manera (fig. 199).



Fig. 199: Aplicación del barniz sobre la cabina.

La alta volatilidad del tolueno ha permitido que el compuesto se evapore con mucha rapidez, facilitando una administración muy ágil y un secado muy veloz, lo que ha

resultado en un acabado homogéneo y sin irregularidades, además de ligeramente brillante (figs. 200 y 201).



Fig. 200 y Fig. 201: Detalles de la mitad superior de la maqueta, en las que se observa claramente el reflejo de la luz sobre la capa pictórica, tras el barnizado.

### **5) Retoques post-barnizado**

Tras un tiempo de secado prudencial de tres días, para permitir que la capa de protección se asentase adecuadamente sobre el estrato superior, se le dieron unos leves retoques finales a las reintegraciones con pigmentos al barniz, para terminar de ajustarlas a nivel visual.

Si bien se podría haber efectuado este paso justo después de aplicar el barniz, siempre es preferible esperar un mínimo de 24 horas entre cada tratamiento de restauración, antes de pasar al siguiente, para permitir la adaptación de la pieza a los nuevos materiales, además de para asegurar que no existe ningún problema de compatibilidad con los mismos.

Es recomendable añadir una capa de protección tras reintegrar cromáticamente, puesto que esta clase de compuestos siempre añade un grado extra de saturación y de brillo al color, modificándolo parcialmente. Si el aspecto de las reintegraciones difiere en demasía con el resto de la superficie, después del barnizado, entonces se puede proceder a ajustar el matiz de las zonas que lo precisen, para que no destaquen a nivel visual.

En este caso, los retoques se realizaron tras revisar, primero, si el barniz se había establecido correctamente y, en segundo lugar, después de comprobar cómo había afectado la saturación de la capa de protección a las lagunas reintegradas. Como se observa en las imágenes siguientes (figs. 202 y 203), las reintegraciones ofrecían un aspecto ligeramente más oscuro que el resto de la capa polícroma, por lo que se hacía necesario aclararlas, para adaptarlas al color de la pintura original.





Fig. 202 y Fig. 203: Ejemplos de algunas de las lagunas de mayor extensión de la pieza, en las que se aprecia bien la diferencia de color y de brillo, tras el barnizado.

Al no encontrar ningún otro problema, se escogieron los pigmentos más adecuados para aclarar el matiz de las zonas más oscuras, a la vez que se igualaba el color lo máximo posible. Se utilizó un pincel fino para aplicarlos en forma de líneas muy delgadas, con un procedimiento muy similar al *rigattino* empleado con anterioridad (fig. 204).

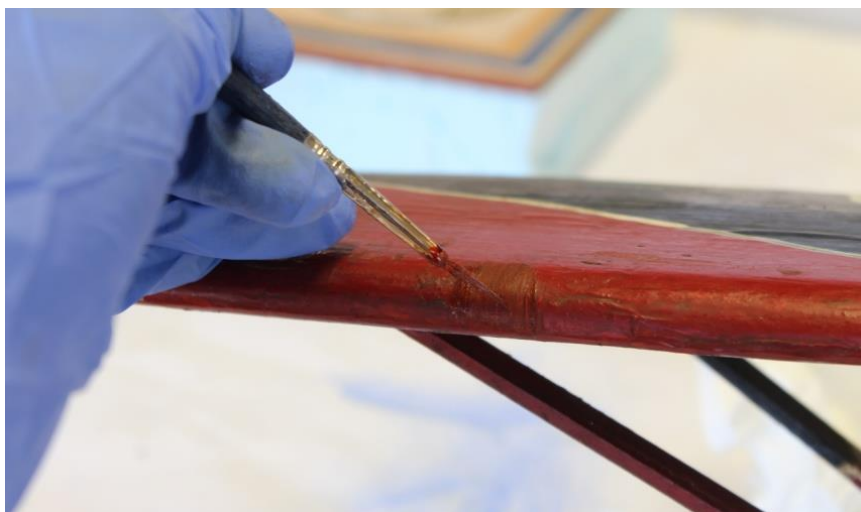


Fig. 204: Adición de los retoques.

En este caso, se emplearon pigmentos al barniz de la casa Dédalo, caracterizados por su elaboración artesanal, con base de resina Dammar y filtros UV, que impiden que el color cambie al exponerse a la luz. El brillo de la pintura ha contribuido a igualar todas las lagunas a nivel visual, eliminando el componente mate de las acuarelas empleadas en un primer momento.



Fig. 205 y Fig. 206: Debido a que los colores se oscurecían al secarse por completo, los pigmentos al barniz ayudaron a homogeneizar las reintegraciones, aportando la luminosidad y matiz rojizo que les faltaba de base. Las imágenes se corresponden con las lagunas mostradas en imágenes anteriores, en la parte delantera del ala izquierda y en el alerón izquierdo (visto desde la parte delantera).

Una vez finalizado este paso, se podía dar por terminada la restauración.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> Para más fotografías de la pieza, durante y después de la intervención, consultar el Anexo 10.2.



Fig. 207: Vista frontal de la pieza, después de su restauración.

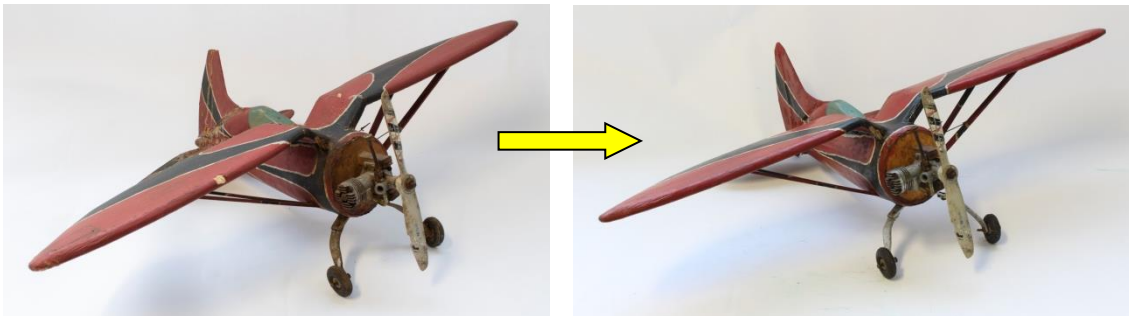


Fig. 208 y Fig. 209: Vista frontal de la pieza, antes (izqda.) y después (dcha.) de la intervención.

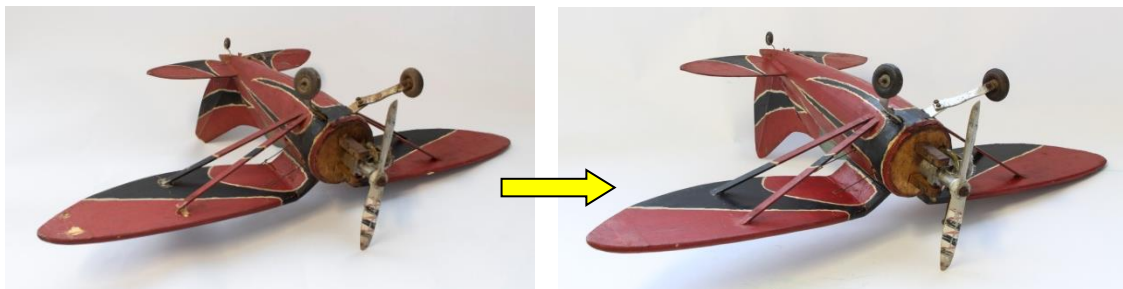


Fig. 210 y Fig. 211: Comparativa del antes y el después, esta vez en la parte inferior de la maqueta.

## 6. Temporalización

De forma ilustrativa, se incluye un resumen de los procedimientos realizados para la consecución de este TFG, así como del tiempo que se ha tardado en llevarlos a cabo, para ofrecer una visión global del proceso de intervención y de todo lo que ha conllevado.

	FEBRERO				MARZO:				ABRIL:				MAYO:				JUNIO:				JULIO:			
SEMANAS:	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Recogida de la obra																								
Documentación y estudios previos																								
Búsqueda de referentes																								
Redacción del informe																								
Limpieza																								
Consolidación																								
Reintegración																								
Protección final y acabados																								
Documentación final																								
Entrega de la obra terminada																								
Revisión del TFG																								
Defensa del TFG																								

## 7. Pautas de conservación preventiva

A raíz de la intervención realizada, se enumeran a continuación una serie de pautas de conservación preventiva, encaminadas a la correcta preservación de la pieza y sus componentes a largo plazo, así como a la mayor efectividad posible del tratamiento de restauración llevado a cabo:

-En cuanto a la luz, evitar la incidencia directa tanto de iluminación artificial como de los rayos del sol. De ser posible, si necesita iluminarse, tamizar los focos de origen (en el caso de lámparas) o, en su defecto, utilizar estores o similares en las ventanas, para disminuir la fuerza con la que la luz solar incide sobre la maqueta. Nunca superar los 150 lux, de ser posible.

-Efectuar una limpieza superficial periódica (de forma ideal, semanal o quincenalmente) con plumero o brocha de pelo muy suave, para evitar abrasiones o desprendimientos de los estratos fijados durante la intervención. No emplear limpiadores o disolventes para eliminar polvo y análogos.

-Evitar, en la medida de lo posible, las fluctuaciones extremas de temperatura y humedad relativa (tener cuidado al cocinar o al poner la calefacción, por ejemplo), procurando mantener, como mínimo, valores estables en la habitación en la que se emplace el bien.

-Revisar asiduamente si existe presencia de insectos, que puedan ensuciar o dañar la pieza con sus acciones biológicas.

-Poner especial cuidado durante su manipulación, particularmente en la zona de los alerones traseros, susceptibles a desprenderse si sufren impactos directos. De ser posible, sujetar y mover la pieza por las partes que se indican en el siguiente esquema, siempre procurando equilibrar el peso con varias zonas de agarre (por ejemplo, siempre tratando de sostener la pieza por la parte de color azul, aunque se agarre por la hélice, para añadirle estabilidad).

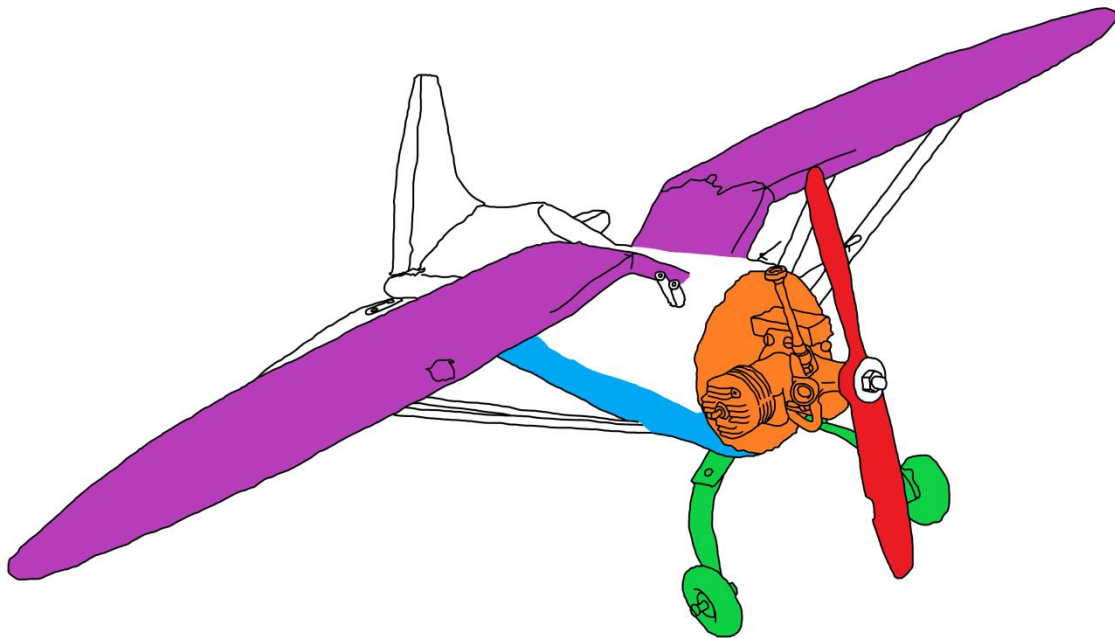


Ilustración 9: Esquema que indica por qué partes puede sostenerse la pieza. Las alas (en rosa) funcionarían como apoyo si se manipula o coloca la maqueta al revés.

Zonas débiles, como los alerones traseros y las tablillas de la parte inferior de las alas, deben evitarse a toda costa, ya que podrían romperse o separarse con facilidad.

## 8. Conclusiones

Siendo el primer proyecto de esta envergadura que se ha llevado a cabo, con un componente de investigación y un volumen de trabajo mucho mayores a los que nos han acostumbrado durante el Grado, la experiencia general ha resultado ser muy instructiva y satisfactoria.

Aunque sí es cierto que se ha contado con la inconmensurable ayuda del tutor encargado, la mayor y principal carga de trabajo ha recaído sobre el alumno, por supuesto, que ha tenido que aprender a superar todos los obstáculos que han ido apareciéndose durante el desarrollo de su praxis: falta de fuentes documentales, imposibilidad de obtener o acceder a la información, además de accidentes y/o inconvenientes que pueden (y suelen) ocurrir durante cualquier proceso de restauración, por ejemplo.

En cuanto a este trabajo en concreto, se ha tenido la suerte tanto de poder conseguir con facilidad la información necesaria, al tratarse de una pieza perteneciente a un particular, como de haber podido la realizar la restauración del objeto sin mayores contratiempos. Aunque la maqueta sí ofreció algunos problemas estructurales, durante su tratamiento, estos fueron leves y pudieron arreglarse de manera muy sencilla en estadios más avanzados de la intervención, obteniéndose un resultado estéticamente agradable y cumplido.

Sin embargo, a pesar de las supuestas facilidades durante su desarrollo, no por ello la experiencia ha sido menos instructiva, sirviendo como una especie de preparativo de lo que conlleva el trabajo de un conservador y restaurador en el mundo real; donde muchas veces debe enfrentarse solo a una obra o, en su defecto, encontrar la solución a los problemas que le surjan valiéndose únicamente de su inventiva, pudiendo contar con la ayuda de un reducido grupo de profesionales o no.

No estar bajo la supervisión constante de un docente, teniendo que trabajar y tomar decisiones por cuenta propia, en su mayoría, ha sido la parte más novedosa y, sin embargo, la más sencilla de ejecutar: con la experiencia acumulada a lo largo de todo el Grado, tanto a nivel teórico como metodológico, ha sido refrescante poder decidir qué criterios seguir y qué acciones llevar a cabo de forma casi independiente, solucionando los inconvenientes que iban surgiendo en cada momento, además de poder efectuar procesos que no se habían trabajado lo suficiente durante la carrera universitaria, llevando a la adquisición de nuevas habilidades y al refinado de aquellas que se habían dejado de lado, por alguna u otra razón.

Por otra parte, efectuar una restauración completa, de principio a fin, y siguiendo una serie de criterios concretos y bien establecidos, tal y como se llevaría a cabo en un entorno laboral real, ha permitido no sólo conocer cuántos aspectos deben tenerse en cuenta antes siquiera de poder empezar a tocar un bien cultural, sino cuántos factores pueden influenciar el transcurso de un tratamiento de restauración, preparándonos para nuestro futuro más próximo, de cara al mercado actual.

Cabe destacar también el papel de las nuevas tecnologías, que no sólo han posibilitado un mayor y mejor acceso general a una gran cantidad de información sino, también, poder

extender y difundir la importancia de los bienes culturales con rapidez y precisión. Con la creación de modelos tridimensionales a escala, como se ha hecho con este trabajo, también se ha hecho posible acercarlos a un público de cualquier parte del planeta, sin necesidad de trasladarse y sin tener que tocarlos o infringirles un mayor deterioro potencial. Sin irnos muy lejos, el haber fabricado un modelo tridimensional de la maqueta ha posibilitado mostrar la pieza durante su tratamiento y ya finalizado el desarrollo de este trabajo, permitiendo a personas ajenas a la misma el poder observarla, conocerla y examinar su estado sin tener que desplazarla físicamente. Aunque aún es una disciplina muy joven dentro de este mundo, la fotogrametría de estudio sin duda se convertirá en una parte crucial no sólo del análisis, sino de la difusión a gran escala del Patrimonio cultural, permitiendo su libre apreciación y manejo, sin originarle ninguna clase de perjuicio estructural.

Como colofón, queda mencionar que, como se citaba al comienzo de este documento, si bien esta maqueta no se trata de un objeto muy relevante para el conjunto patrimonial de la Humanidad, sí que lo es para su dueña y sus familiares. Ellos vieron a la pieza nacer, contribuyeron directamente a su Historia material y decidieron, junto a sus recuerdos del mismo y de su creador, mantenerla viva, a través de la restauración que aquí se ha detallado. Y es que una pieza no necesita cientos o miles de años de Historia para considerarse como valiosa: basta con que, para una sola persona, lo sea.

## **9. Agradecimientos**

En este apartado, se enumeran todas aquellas personas que, en mayor o menor medida, han contribuido a la satisfactoria realización de este Trabajo de Fin de Grado:

-En primer lugar, agradecer a María Dolores Garriga Rovira, por ceder la obra para su estudio y tratamiento, y por aportar su correspondiente contexto histórico, clave para su correcta consecución.

-Antonio Jesús Sánchez Fernández, como tutor y guía durante la consecución de este proyecto. Cabe agradecer su tiempo, tesón y dedicación no sólo durante los meses que ha ocupado este Trabajo de Fin de Grado, sino también a lo largo del período lectivo anterior. Tanto sus conocimientos como su profesionalidad y cercanía han propiciado la grata finalización tanto de la restauración como de este informe, ninguno de los cuales habría sido posible sin su ayuda.

-Silvia Díaz Parrilla, también como guía y por sus aportaciones en el terreno de la documentación digital, en base a su propia experiencia.

-Manuel Drago Díaz Alemán, por ceder sus conocimientos en cuanto a fotogrametría y modelado 3D. Se aprecia especialmente su contribución en cuanto a la solución de problemas técnicos y su ayuda durante la realización de procesos de gran importancia en el transcurso de la documentación digital de la pieza.

-María Isabel Adela Rumeu de Lorenzo Cáceres, por haber cedido la pasta de madera, necesaria para la consolidación estructural de las lagunas. Sin su aportación, no habría sido posible finalizar la intervención de la pieza de forma satisfactoria.

-A todos aquellos que, en mayor o menor medida, han servido de apoyo moral y/o académico en el marco de la realización de este trabajo.

## 10. Anexos

En esta sección se adjunta, principalmente, toda la documentación que se ha obtenido durante el proceso de restauración de la pieza. Además de la que ya se ha utilizado a lo largo del trabajo, también se encuentran en esta sección toda aquella que, ya sea por razones de espacio o por su redundancia, no se ha incluido en el trabajo principal.

Se trata, en su mayoría, de fotografías del bien tanto antes como después de la intervención, para una apreciación mucho más exhaustiva de su estado y de los elementos que lo conforman.

### 10.1 Fotografías generales

*Antes de la intervención:*







*Después de la intervención:*



## 10.2. Macrofotografías

*Antes de la intervención:*









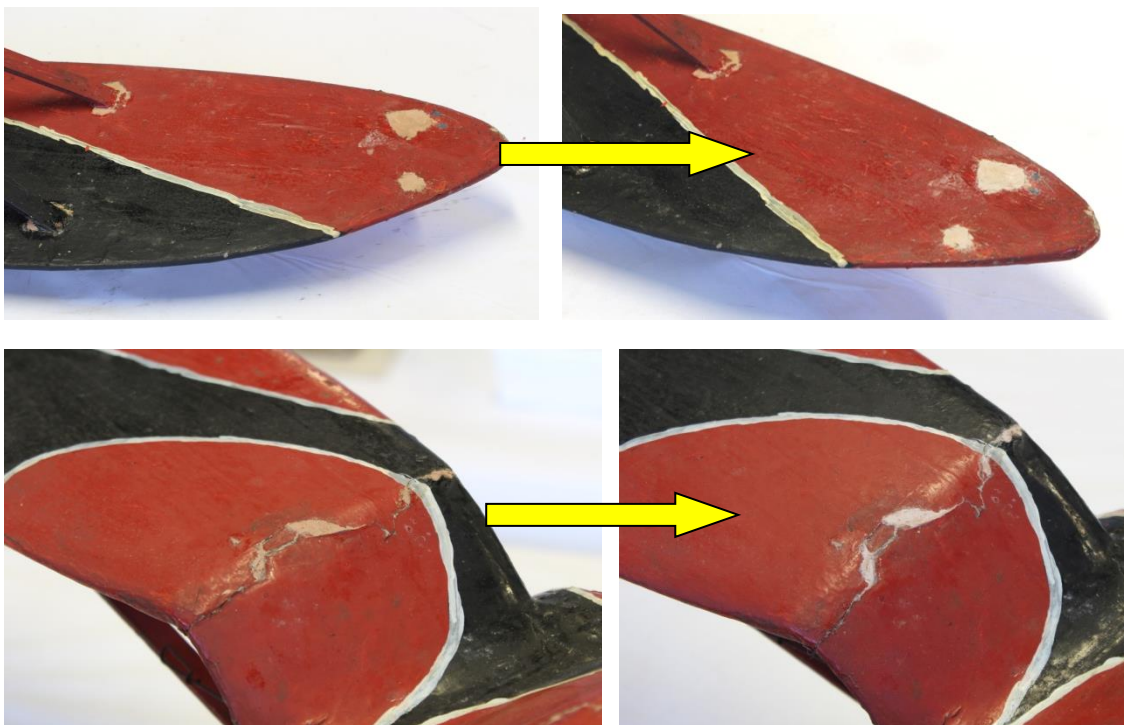
***Durante y después de la intervención:***

En esta sección se incluyen, principalmente, las imágenes no incluidas durante el desarrollo del trabajo, para una visión más completa de los procedimientos llevados a cabo y de los resultados.

**-Pasmados y capa pictórica adherida:**



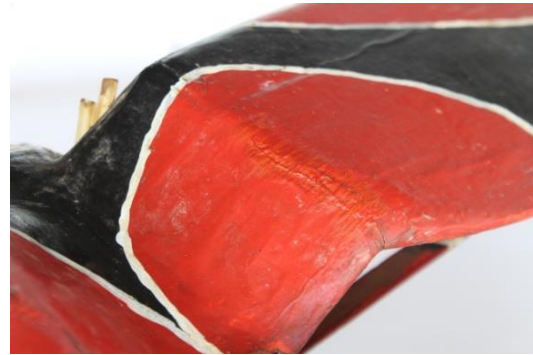
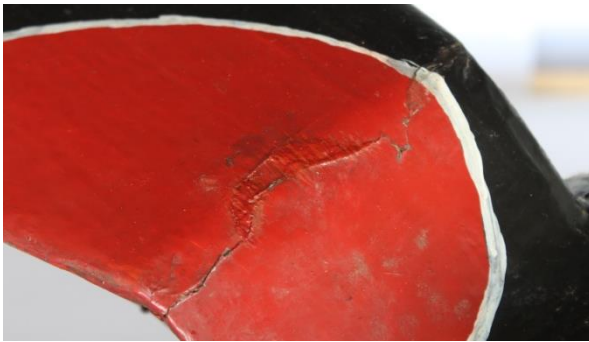
**-Lagunas consolidadas, antes y después de lijarse:**



**-Lagunas reintegradas, antes de barnizar:**

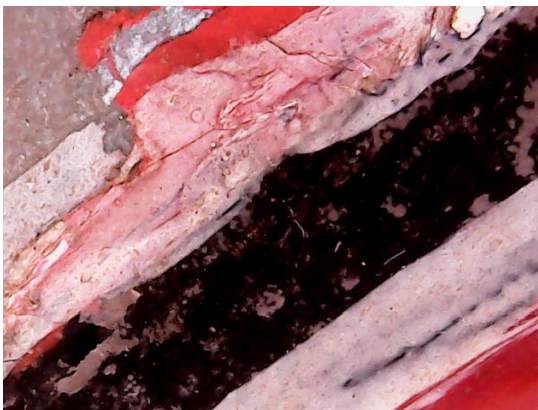


**-Lagunas reintegradas, después de barnizar:**

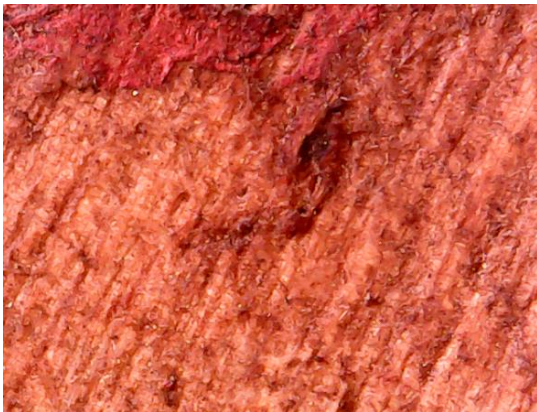
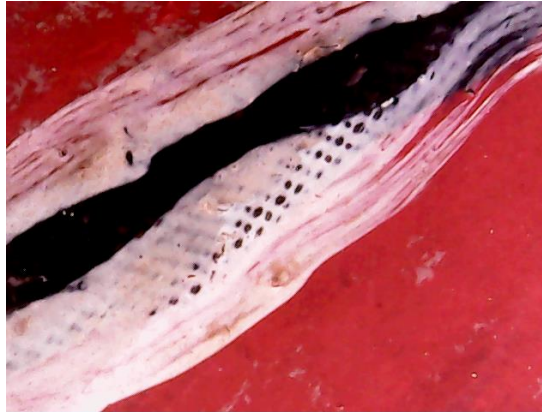
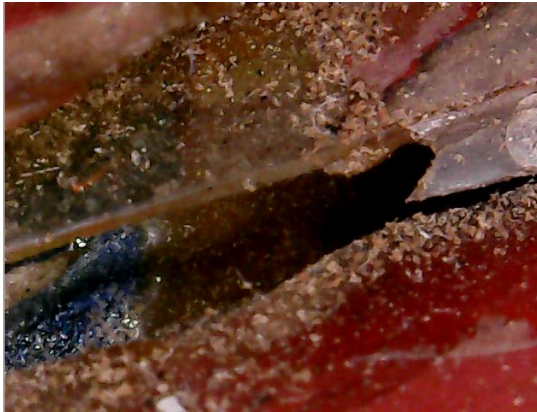
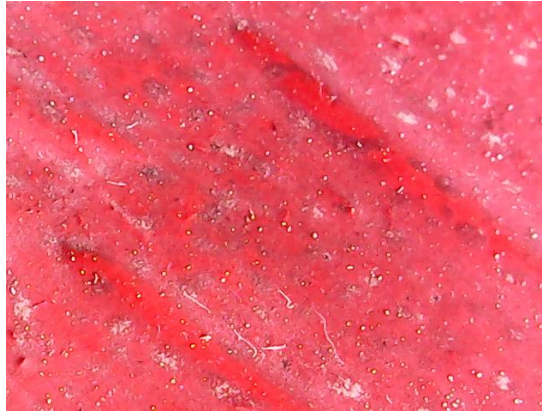


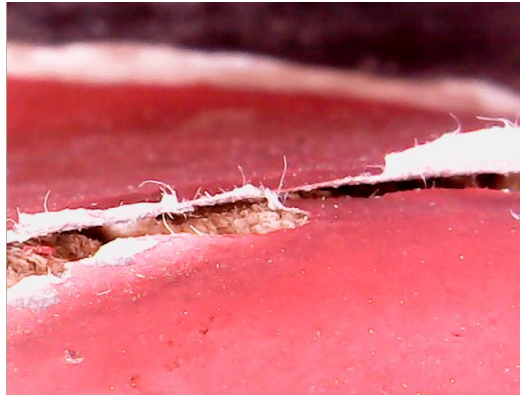
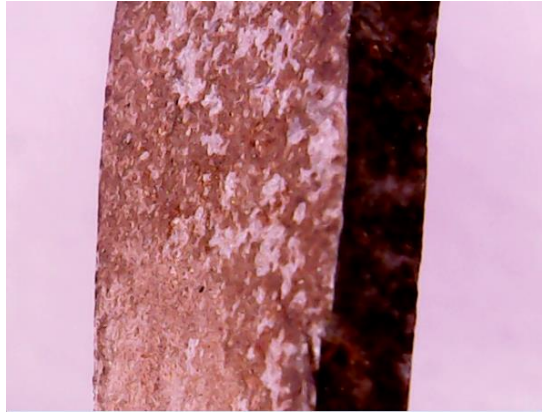


### 10.3. Microfotografías









## 11. Lista de referencias

A continuación, se enumeran todas las fuentes de las que se ha obtenido tanto la información como muchas de las ilustraciones que han ayudado a la consecución de este trabajo.

-Acero. (2022, 7 junio). En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. <https://es.wikipedia.org/wiki/Acero>

-Amaya, Á. P. (2019, 27 julio). *Motores de dos tiempos: Qué son, cómo funcionan, ventajas e inconvenientes*. Autonocion.com. Recuperado 10 de junio de 2022, de <https://www.autonocion.com/motores-dos-tiempos-funcionamiento/>

-Argüeso, B. (2019, 24 julio). *La madera de balsa: sus usos y aplicaciones*. Maderea. Recuperado 10 de junio de 2022, de <https://www.maderea.es/la-madera-de-balsa-sus-usos-y-aplicaciones/#:%7E:text=La%20madera%20de%20balsa%20es,principal%20comerciant e%20de%20esta%20madera.>

-Arnold, C. R. (1974). *Fotografía aplicada*. Barcelona: Omega, D.L.

-ÁVILA RODRÍGUEZ, M. (2018): *Aplicación de la tecnología 3D a las técnicas de documentación, conservación y restauración de Bienes Culturales* [tesis de doctorado, Universidad Complutense de Madrid], E-prints Complutense.

-Azzam, R., Taha, T., Huang, S., & Zweiri, Y. (2020, 16 enero). *Esquema de captura para fotogrametría* [Ilustración]. SpringerLink. <https://link.springer.com/article/10.1007/s42452-020-2001-3>

-Baij, L., Hermans, J. J., Ormsby, B., & Keune, K. (2020, mayo). *Triángulo de Teas* [Gráfico]. ResearchGate. [https://www.researchgate.net/figure/The-Teas-chart-projecting-three-dimensional-Hansen-solubility-parameters-onto-a\\_fig1\\_341191019](https://www.researchgate.net/figure/The-Teas-chart-projecting-three-dimensional-Hansen-solubility-parameters-onto-a_fig1_341191019)

-Baldini et al. (1987). *Carta de 1987 de la Conservación y Restauración de los objetos de Arte y Cultura*. [https://www.ge-iic.com/wp-content/uploads/2008/10/1987\\_de\\_la\\_conservacion\\_y\\_restauracion\\_de\\_los\\_objetos\\_de\\_arte\\_y\\_cultura.pdf](https://www.ge-iic.com/wp-content/uploads/2008/10/1987_de_la_conservacion_y_restauracion_de_los_objetos_de_arte_y_cultura.pdf)

-BARBERÀ GINÉ, A. (2017). *Fotogrametría para la conservación-restauración de bienes culturales*. Unicum, núm. 17., pp. 153-162.

-*Biblioteca de la talla y la madera, vols. 1-4* (1999). Fuengirola, Málaga: Ediciones Daly.

-BigTunaOnline. (s. f.). *Regalía de aluminio* [Fotografía]. Shutterstock. <https://www.shutterstock.com/es/image-photo/aluminium-profile-windows-doors-manufacturing-structural-1588833874>

- Blender. (s. f.). *Wavefront OBJ — Blender Manual*. Blender Manual. Recuperado 10 de junio de 2022, de [https://docs.blender.org/manual/es/dev/addons/import\\_export/scene\\_obj.html](https://docs.blender.org/manual/es/dev/addons/import_export/scene_obj.html)
- Blender. (2022, 9 junio). En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. <https://es.wikipedia.org/wiki/Blender>
- Carta del Restauro de 1972* (M. J. Martínez Justicia, Trad.). (1990). Colegio de Arquitectos de Málaga. [https://ge-iic.com/files/Cartasydocumentos/Carta\\_del\\_restauro.pdf](https://ge-iic.com/files/Cartasydocumentos/Carta_del_restauro.pdf)
- Cauchos Vikingo. (s. f.). *Plancha de caucho natural lisa* [Fotografía]. Grupo Vikingo. <https://cauchosvikingo.com/product/caucho-natural-liso-sin-lona/>
- Chapa de madera de balsa*. (s. f.). [Fotografía]. Multitaller. <https://multitaller.odoo.com/shop/product/41422-chapa-madera-balsa-2-mm-10-x-100-cm-23693#attr=>
- Cromado. (2022, 1 junio). En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. <https://es.wikipedia.org/wiki/Cromado>
- CTS España. (2013, 16 septiembre). *PARALOID® B 72 - Ficha Técnica*. <https://shop-espana.ctseurope.com/documentacioncts/fichastecnicasweb2018/1.1.1resinaacrilica2016/paraloidb-72esp.pdf>. Recuperado 13 de junio de 2022, de <https://shop-espana.ctseurope.com/53-paraloid-b-72>
- EGPJET3D. (s. f.). *Mitsubishi A6M Zero Modelo 3D* [Ilustración]. TurboSquid. <https://www.turbosquid.com/es/3d-models/mitsubishi-a6m-zero-3d-model-1462445>
- El Gato Volante. (2019, 12 marzo). *Despiece de un motor de glow* [Ilustración]. El Gato Volante. <https://gatovolante.wordpress.com/2019/03/12/motores-para-aeromodelismo-ajuste-de-la-carburacion/>
- Esquema de un motor de dos tiempos*. (s. f.). [Ilustración]. Noticias-motor.com. <https://noticias-motor.com/motores-de-2-tiempos-que-son-de-que-manera-marchan-virtudes-y-tambien-problemas/>
- Esquema funcionamiento motor de dos tiempos*. (s. f.). [Ilustración]. Online Sale Cheaps. <https://onlinesale.cheaps2022.ru/content?c=motor%20%20tiempos%20moto&id=12>
- Ferretería Sofeconsa. (s. f.). *Tubos agua potable PVC* [Fotografía]. Sofeconsa.com. <https://sofeconsa.com/product/tubos-agua-potable-pvc/>
- González, A. (2018, 6 julio). *Madera de Balsa: Características y Usos*. Maderame. Recuperado 10 de junio de 2022, de <https://maderame.com/enciclopedia-madera/balsa/>
- GONZÁLEZ LÓPEZ, M.J. (2020): *Conservación y restauración de encarnaciones policromas*. Madrid: Ed. Síntesis.
- González López, M. J. (1995). Metodología de estudio y criterios de intervención en escultura policromada en el IAPH (I). *Revista PH*, 11. <https://doi.org/10.33349/1995.11.211>

- HONDA. (2021, 24 agosto). *Diferencias entre un motor de 2 tiempos y uno de 4 tiempos*. Recuperado 10 de junio de 2022, de <https://www.hondaencasa.com/content/91-diferencias-entre-un-motor-de-2-tiempos-y-uno-de-4-tiempos>
- Kshitij Polyline Limited. (s. f.). *Plastic Sheets* [Fotografía]. Kshitij Polyline Limited. <https://www.kshitijpolyline.com/plastic-sheets.html>
- LaArmería. (2020, 11 septiembre). *Los 10 Mejores Aviones Caza de la Segunda Guerra Mundial* [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=nW6FH57f-yQ>
- McNichols. (s. f.-a). *Malla de PVC* [Fotografía]. mcnichols.com. <https://www.mcnichols.com/wire-mesh/square/stainless-steel-ss-383012>
- Ministerio de Cultura y Deporte. (s. f.). *Estudios fotogramétricos*. Ministerio de Cultura y Deporte - Gobierno de España. Recuperado 10 de junio de 2022, de <https://ipce.culturaydeporte.gob.es/investigacion/conservacion-bienes-culturales/estudios-fotogrametricos.html#:~:text=La%20fotogrametr%C3%ADa%20arquitect%C3%B3nica%20es%20una,mediante%20medidas%20topogr%C3%A1ficas%20muy%20exactas.>
- Motor glow. (2019, 29 agosto). En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. [https://es.wikipedia.org/wiki/Motor\\_glow](https://es.wikipedia.org/wiki/Motor_glow)
- LAGERQVIST, B. (2018): *A system approach to conservation and cultural resources management. Photogrammetry as a base for designing documentation models*. CIPA Heritage Documentation.
- Los Motores Glow, I. (2006, 30 marzo). El Laboratorio Loco. Recuperado 10 de junio de 2022, de <https://ellaboratorioloco.wordpress.com/2006/03/30/los-motores-glow-i/>
- Motores para aerodelismo. Ajuste de la carburación. (2019, 13 marzo). El Gato Volante. Recuperado 10 de junio de 2022, de <https://gatovolante.wordpress.com/2019/03/12/motores-para-aerodelismo-ajuste-de-la-carburacion/>
- MUÑOZ VIÑAS, S. (2003): *Teoría Contemporánea de la Restauración*. Madrid: Ed. Síntesis.
- Musso, C. (2022, 5 febrero). *Balance de Blancos en Fotografía: Qué es, Para Qué Sirve y Cómo Usarlo*. Blog del Fotógrafo. Recuperado 10 de junio de 2022, de <https://www.blogdelfotografo.com/balance-blancos/>
- PALMA MANRÍQUEZ, N., QUIROZ LARREA, D. (dir.), NAGEL VEGA, L (Ed.), (2008): *Manual de registro y documentación de Bienes Culturales*. Santiago, Chile: Dibam.
- Pinturas para modelismo, maquetas y miniaturas. (2022, 9 marzo). Cosmos Digital Art - Ilustración digital, tabletas gráficas, dibujo, pintura y aerografía. Recuperado 10 de junio de 2022, de <https://cosmosdigitalart.com/pinturas-modelismo-maquetas-miniaturas/#esmaltes>

-Prim, N. (2019, 16 marzo). *Propiedades del acero*. Láminas y Aceros. Recuperado 10 de junio de 2022, de <https://blog.laminasyaceros.com/blog/propiedades-mec%C3%A1nicas-del-acero>

-*Propiedades del acero inoxidable*. (s. f.). Ainox Sas. Recuperado 10 de junio de 2022, de <https://www.ainoxsas.com/propiedades-acero-inoxidable/>

-*¿Que es el canal Alfa? (Alpha Chanel ) y como crearlos*. (2022, 1 junio). Anima Audiovisual. Recuperado 10 de junio de 2022, de <https://www.animaudiovisual.com/que-es-el-canal-alfa/>

-Rc-Ink. (s. f.-a). *Motorización de aeromodelos*. Aeromodelismo para Principiantes. Recuperado 10 de junio de 2022, de <https://rc-ink.blogspot.com/p/motorizacion-de-aeromodelos-de.html>

-Rc-Ink. (s. f.-b). *Varietades y categorías del aeromodelismo y los aviones*. Aeromodelismo para Principiantes. Recuperado 10 de junio de 2022, de <https://rc-ink.blogspot.com/p/categoria-de-los-aviones.html>

-*Republic P-47 Thunderbolt*. (s. f.). [Ilustración]. Free3D. <https://free3d.com/3d-model/republic-p-47d-thunderbolt-brazilian-air-force-4690.html>

-Rodríguez, H. (2008). *Cartas de color*. hugorodriguez.com. Recuperado 10 de junio de 2022, de [https://www.hugorodriguez.com/articulos/cartas\\_color\\_01.htm#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20una%20carta%20de,%20un%20monitor%2C%20respectivamente](https://www.hugorodriguez.com/articulos/cartas_color_01.htm#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20una%20carta%20de,%20un%20monitor%2C%20respectivamente)

-Sánchez Ledesma, A., Sedano, U., Pérez, S., Soler, J. A., Desplechin, H., & Palao, M. (2013, 19 marzo). *Test de Wolbers* [Gráfico]. Arte&Restauero. <http://arterestaurominor.blogspot.com/2013/03/sistemas-para-la-eliminacion-o.html>

-Tamiya. (s. f.). *Maqueta de Supermarine Spitfire* [Fotografía]. Super-hobby.es. <https://www.super-hobby.es/products/Supermarine-Spitfire-Mk.I-26033128.html>

-Univision. (2013, 6 junio). *Brocha plana y pintura* [Fotografía]. Univision. <https://www.univision.com/estilo-de-vida/asi-se-vive-mejor-hogar/tipos-de-pintura-para-madera>

-VIVANCOS RAMÓN, V. (2007): *La conservación y restauración de pintura de caballete: pintura sobre tabla*. Madrid: Tecnos.

-X-Rite. (s. f.). *ColorChecker Classic* [Fotografía]. X-Rite. <https://www.xrite.com/es/service-support/product-support/calibration-solutions/colorchecker-passport-photo-2>

## 12. Índice de imágenes

Para facilitar la búsqueda de una fotografía o gráfico concreto, se citan en este apartado todas las imágenes incluidas en este trabajo, con sus correspondientes pies de foto, para una mejor identificación.

### -Fotografías:

Fig. 1: Modelo de un Mitsubishi A6M Zero [Ilustración], por EGPJET3D, s.f. ( <a href="https://www.turbosquid.com/es/3d-models/mitsubishi-a6m-zero-3d-model-1462445">https://www.turbosquid.com/es/3d-models/mitsubishi-a6m-zero-3d-model-1462445</a> ). .....	10
Fig. 2: A la izquierda, modelo de un Republic P-47 Thunderbolt [Ilustración], de Free3D, s.f. ( <a href="https://free3d.com/3d-model/republic-p-47d-thunderbolt-brazilian-air-force-4690.html">https://free3d.com/3d-model/republic-p-47d-thunderbolt-brazilian-air-force-4690.html</a> ). .....	10
Fig. 3: A la derecha, modelo de un Supermarine Spitfire [Ilustración], por Tamiya, s.f. ( <a href="https://www.super-hobby.es/products/Supermarine-Spitfire-Mk.I-26033128.html">https://www.super-hobby.es/products/Supermarine-Spitfire-Mk.I-26033128.html</a> ). .....	10
Fig. 4: A la izquierda, tablones de diverso grosor de madera de balsa, en los que se aprecia su color rosado característico [Fotografía], por Multitaller, s.f. ( <a href="https://multitaller.odoo.com/shop/product/41422-chapa-madera-balsa-2-mm-10-x-100-cm-23693#attr=">https://multitaller.odoo.com/shop/product/41422-chapa-madera-balsa-2-mm-10-x-100-cm-23693#attr=</a> ). .....	13
Fig. 5 A la derecha, lagunas de policromía en una de las alas de la maqueta, que ha dejado a la vista la madera del soporte. El matiz amarillento que presenta se debe a su edad y a sus malas condiciones de conservación, entre otros factores. ....	13
Fig. 6: A la izquierda, bloques huecos de acero, en los que se aprecia el brillo y color característicos del metal. [Fotografía], por BigTunaOnline, s.f., Shutterstock ( <a href="https://www.shutterstock.com/es/image-photo/aluminium-profile-windows-doors-manufacturing-structural-1588833874">https://www.shutterstock.com/es/image-photo/aluminium-profile-windows-doors-manufacturing-structural-1588833874</a> ). .....	14
Fig. 7: A la derecha, detalle del motor de la maqueta, que permite observar las características del material, a pesar de la capa de suciedad que posee. ....	14
Fig. 8: Detalle de la zona superior de la maqueta, en la que se pueden ver claramente tanto el aspecto como el estado de conservación de la capa pictórica. ....	15
Fig. 9 y Fig. 10: Capturas de microscopio de la capa pictórica, en las que se aprecia su estado y sus características. ....	15
Fig. 11: A la izquierda, tubos de PVC, con su textura y brillo distintivos. [Fotografía], por Ferretería Sofeconsa, s.f. ( <a href="https://sofeconsa.com/product/tubos-agua-potable-pvc/">https://sofeconsa.com/product/tubos-agua-potable-pvc/</a> ). ....	16
Fig. 12: A la derecha, zona inferior de la hélice, en la que se aprecia mejor la similitud con los tubos de PVC convencionales. ....	16
Fig. 13: A la izquierda, rollo de caucho. [Fotografía], por Cauchos Vikingo, s.f. ( <a href="https://cauchosvikingo.com/product/caucho-natural-liso-sin-lona/">https://cauchosvikingo.com/product/caucho-natural-liso-sin-lona/</a> ). .....	16
Fig. 14: A la derecha, detalle de una de las ruedas. Aunque está cubierta de una capa de suciedad, se puede ver claramente que guarda un gran parecido la imagen de la izquierda. .....	16
Fig. 15: A la izquierda, lámina de PET. [Fotografía], por Kshitij Polyline Limited, s.f. ( <a href="https://www.kshitijpolyline.com/plastic-sheets.html">https://www.kshitijpolyline.com/plastic-sheets.html</a> ). .....	17
Fig. 16: A la derecha, malla de PVC [Fotografía], por McNichols®, s.f. ( <a href="https://www.mcnichols.com/wire-mesh/square/stainless-steel-ss-383012">https://www.mcnichols.com/wire-mesh/square/stainless-steel-ss-383012</a> ). .....	17

Fig. 17: Detalle de la cabina de pilotaje de la maqueta (izqda., en color azul), realizada con una lámina de PET.....	17
Fig. 18: La fotografía de la derecha se corresponde con la zona señalada en verde, perteneciente a la malla de PVC que se ha empleado para unir la lámina de PET a la madera de base.....	17
Fig. 19: Esquema que ayuda a aclarar, de forma general, dónde se encuentran los materiales descritos con anterioridad. Capa de pintura [Fotografía], por UniVision, 2013 ( <a href="https://www.univision.com/estilo-de-vida/asi-se-vive-mejor-hogar/tipos-de-pintura-para-madera">https://www.univision.com/estilo-de-vida/asi-se-vive-mejor-hogar/tipos-de-pintura-para-madera</a> ).....	18
Fig. 20: Esquema correspondiente a la división por estratos de la pieza (encontrándose abajo el soporte de madera, hasta la capa de pintura, suprayacente a todas las demás).....	18
Fig. 21 , Fig. 22, Fig. 23 y Fig. 24: Capturas de detalle, en las que se observa los depósitos de suciedad superficial descritos. ....	20
Fig. 25 y Fig. 26: Fotografías de detalle, correspondientes a una laguna de soporte de la maqueta, que también presenta grietas (izqda.) y a una de las alas, cuya capa pictórica se encuentra repleta de abolsados (dcha.). Estos desperfectos habrían sido causados, en teoría, por los repetidos impactos y por sus malas condiciones de conservación. ....	20
Fig. 27, Fig. 28, Fig. 29, Fig. 30, Fig. 31 y Fig. 32: Tomas generales de la pieza. ....	23
Fig. 33, Fig. 34, Fig. 35 y Fig. 36: Ejemplos de macrofotografías, de distintos puntos de la pieza. ....	24
Fig. 37, Fig. 38, Fig. 39, Fig. 40, Fig. 41 y Fig. 42: Ejemplos de algunas de las capturas tomadas con el microscopio electrónico, que muestran ejemplos de las concreciones de óxido y de suciedad en la superficie, en ciertos recovecos y en zonas menos a la vista de la maqueta. ....	25
Fig. 43: Toma con la carta de color.....	26
Fig. 44: Toma con la carta de grises. ....	27
Fig. 45: ColorChecker® Classic, de X-Rite [Fotografía], por X-Rite, s.f. ( <a href="https://www.xrite.com/es/service-support/product-support/calibration-solutions/colorchecker-passport-photo-2">https://www.xrite.com/es/service-support/product-support/calibration-solutions/colorchecker-passport-photo-2</a> ).....	27
Fig. 46 y Fig. 47: Selección de los archivos RAW y arrastrado hasta la ventana inicial de Adobe Photoshop®.....	28
Fig. 48 y Fig. 49: Pantalla inicial de Camera RAW (izqda.) y selección de todos los archivos, ahora rodeados por un borde blanco (dcha.).....	29
Fig. 50: Recuadro seleccionado como “blanco” o “neutro” durante el revelado de las imágenes (izqda.). A la derecha, herramienta del cuentagotas. ....	29
Fig. 51: Fotografías, ya corregidas. ....	30
Fig. 52: Esquema que indica los valores RGB antes (izqda.) y después (dcha.) del tratamiento digital. Se observa cómo se ha corregido la separación existente entre los tres colores. Además, en la captura de la derecha se puede observar que los valores numéricos de R, G y B son prácticamente idénticos. Este detalle señala que el balance de blancos se ha llevado a cabo adecuadamente. ....	30
Fig. 53: A la izquierda, descarga de las imágenes ya tratadas, en JPG.....	30
Fig. 54: A la derecha, archivos que contienen las modificaciones realizadas a los archivos RAW.....	30
Fig. 55: Comparativa entre la primera toma general, sin editar (izqda.) y tras el revelado (dcha.). La diferencia es sutil, pero se observa cómo, en la imagen sin editar, la iluminación es más oscura y fría, debido a las condiciones ambientales en el momento de la captura.	



Aunque puede parecer que la imagen es correcta, a simple vista, tras procesarla se percibe que los colores estaban muy apagados en la fotografía primitiva, no coincidiendo con los del propio objeto.....	31
Fig. 56 y Fig. 57: Condiciones de toma de las fotografías, en el taller. Se mantuvo la cámara fija y se fue rotando el objeto, ya que resultaba más sencillo.....	36
Fig. 58: Captura de pantalla de Metashape, en la que se observan las imágenes capturadas, ya alineadas. El programa es capaz de detectar el recorrido de cada <i>loop</i> y de posicionar las tomas adecuadamente en el espacio, de modo que es posible saber desde dónde fueron sacadas las fotografías. ....	36
Fig. 59, Fig. 60 y Fig. 61: La mayoría de las máscaras se han llevado a cabo escogiendo la opción de “Selección” y, a continuación, “Sujeto”. Esta herramienta es capaz de distinguir el perímetro del objeto fotografiado con un relativo grado de exactitud, como se observa en la primera captura, lo que ahorra tiempo de procesado. Después, se han corregido las zonas erróneas manualmente, utilizando el lazo poligonal y seleccionando los puntos a corregir, además de dibujar la silueta correcta en el mismo trazo, manteniendo pulsada la tecla “Alt” (segunda imagen). Este comando le indica al programa que debe “restar” o, en otras palabras, reducir el perímetro seleccionado, para adaptarse adecuadamente a la silueta del objeto protagonista. El resultado es el que se observa en la tercera captura. ....	37
Fig. 62, Fig. 63 y Fig. 64: Aquí se ha seguido el mismo procedimiento, seleccionando la esquina (una zona errónea) y, además, la silueta de la cola (que sería lo correcto). Debe ponerse especial cuidado en repasar bien el perímetro de lo que se quiere seleccionar, para obtener el mejor resultado posible. Otro método consiste en utilizar el lazo poligonal sin más, delimitando el objeto manualmente, pero suele ser un proceso más costoso. ....	38
Fig. 65: Ejemplo de un canal alfa, correspondiente a una de las máscaras realizadas. ....	38
Fig. 66, Fig. 67, Fig. 68 y Fig. 69: Proceso de adición de un canal alfa y guardado de una máscara, en formato TIFF.....	39
Fig. 70: Ejemplo de una máscara terminada.....	39
Fig. 71 y Fig. 72: Interfaz inicial de Metashape (izqda.) y máscaras seleccionadas (dcha.), para importarse al programa.....	40
Fig. 73, Fig. 74 y Fig. 75: Proceso de inclusión del canal alfa de las máscaras en Metashape. ....	41
Fig. 76 y Fig. 77: Menú de Flujo de trabajo, con la opción para construir la nube de puntos resaltada en azul (izqda.) y nube de puntos completada (dcha.) .....	41
Fig. 78 y Fig. 79: Localización de esta opción en el menú, en azul (izqda.) y nube de puntos densa finalizada (dcha.) .....	42
Fig. 80: Captura que muestra uno de los chunks, correspondiente a la mitad inferior del objeto, y toda la “basura” que Metashape ha creado sobre sus bordes (señalados con flechas rojas). En este caso, los defectos se han representado mediante un conjunto de píxeles de color blanco, pero en cada modelo puede ocurrir de forma completamente diferente. ....	42
Fig. 81 y Fig. 82: Selección del Filtro de Confianza (izqda.) y aspecto del modelo al utilizar la herramienta (dcha.), donde se observa claramente el gradiente tonal.....	43
Fig. 83 y Fig. 84: Establecimiento del nivel de intensidad del filtro (izqda.) y apariencia de la estructura a limpiar (dcha.).....	43
Fig. 85, Fig. 86 y Fig. 87: Cambio de función del cursor (arriba) selección de la zona a suprimir (abajo, izqda.) y estructura ya seleccionada (abajo, dcha.). Para indicar que se ha	

seleccionado un modelo o parte de él, Metashape lo resalta de un color rosa pálido, como se observa en la captura inferior derecha. ....	44
Fig. 88, Fig. 89, Fig. 90 y Fig. 91: Restablecimiento del modelo, tras la limpieza, y resultado. ....	44
Fig. 92 y Fig. 93: Puntos comunes en los chunks 1 y 2, antes de su unión. ....	45
Fig. 94 y Fig. 95: Alineado de los chunks. ....	45
Fig. 96 y Fig. 97: Fusión de chunks. ....	46
Fig. 98 y Fig. 99: Chunks fusionados, vistos desde arriba (izqda.) y desde abajo (dcha.). ...	46
Fig. 100 y Fig. 101: Proceso de construcción de la malla. ....	47
Fig. 102: Malla finalizada. ....	47
Fig. 103, Fig. 104 y Fig. 105: Proceso de creación y visualización de la textura. ....	48
Fig. 106: Modelo finalizado, ya con la textura. ....	48
Fig. 107 y Fig. 108: Proceso de exportación y guardado del modelo desde Metashape. ....	48
Fig. 109, Fig. 110, Fig. 111 y Fig. 112: Importación del modelo a Blender®, desde la pantalla inicial. ....	50
Fig. 113: Interfaz general de Blender®, ya con el modelo importado. ....	50
Fig. 114: Superficie del modelo, rugosa. Presenta este aspecto debido a la falta de información a la hora de construir la malla en Metashape. ....	51
Fig. 115: Señalada con un rectángulo rojo, la interfaz de esculpido digital. ....	51
Fig. 116: Señalada en rojo, la zona que se ha suavizado y homogeneizado, gracias a la herramienta Smooth. ....	52
Fig. 117 y Fig. 118: Comparativa entre varias zonas del modelo, antes de suavizarse (izqda.) y después (dcha.). ....	52
Fig. 119 y Fig. 120: Comparativa de la zona de las ruedas (arriba) y del motor (abajo), antes y después de haber sido reconstruidas virtualmente (izqda. y dcha., respectivamente). ....	53
Fig. 121: Zona de la cola, una de las que presentaba mayor número de lagunas. ....	53
Fig. 122, Fig. 123 y Fig. 124: Proceso de eliminación de los vértices innecesarios. ....	54
Fig. 125 y Fig. 126: Selección y suavizado de los vértices perimetrales de la laguna. ....	54
Fig. 127 y Fig. 128: Cierre de la laguna. ....	55
Fig. 129 y Fig. 130: Otro ejemplo de eliminación de huecos, esta vez en una de las patas del avión. ....	55
Fig. 131: Aspecto de la textura, antes de ser modificada. ....	56
Fig. 132: Zona de la que clonó el color, en azul. ....	56
Fig. 133 y Fig. 134: Proceso de edición de la textura, en sus comienzos (izqda.) y en un punto intermedio (dcha.). ....	57
Fig. 135: Resultado final, correspondiente al lateral izquierdo del modelo. Se ha llevado a cabo el mismo procedimiento por el lado contrario, para obtener una textura lo más similar posible a la que el objeto posee en la realidad. ....	57
Fig. 136 y Fig. 137: Menú de nodos, con las opciones a seleccionar resaltadas en azul (izqda.) y nodo generado (dcha., en rojo). ....	58
Fig. 138: Nodo que aplicará la nueva textura, ya conectado al nodo principal. ....	58
Fig. 139 y Fig. 140: Búsqueda y aplicación del archivo PNG al modelo. ....	59
Fig. 141: Comparación entre el modelo sin textura (izqda.) y con la nueva textura (dcha.) ....	59

Fig. 142, Fig. 143 y Fig. 144: Modelo, con la textura alternativa de base aplicada (arriba, izqda.), y utilización de las herramientas de “rellenar” (arriba, dcha.) y “pincel”, para la representación de los deterioros sobre su superficie. ....	60
Fig. 145: Limpieza con brocha de pelo suave. ....	72
Fig. 146: Limpieza con hisopo y disolvente. ....	72
Fig. 147: Hisopos utilizados para probar cada mezcla de disolventes, que sirven como testigos del grado de eficacia de cada una. ....	75
Fig. 148, Fig. 149 y Fig. 150: Ejemplos de zonas pasmadas, señaladas en azul, sobre la superficie de la capa pictórica. ....	76
Fig. 151: Pasmado general, sobre el ala derecha. ....	76
Fig. 152: Eliminación mecánica del adhesivo oxidado, con un bisturí. ....	77
Fig. 153: Aplicación controlada de una mezcla de acetona y White Spirit, para la eliminación del adhesivo más adherido y problemático. Las pequeñas guatas de algodón se han impregnado y colocado con especial cuidado sobre las zonas a tratar. ....	78
Fig. 154: Eliminación de suciedad superficial del motor, con un bisturí. ....	78
Fig. 155 y Fig. 156: Comparativa entre el motor y las ruedas antes (izqda.) y después (dcha.) de su limpieza. ....	79
Fig. 157: Aplicación de ácido tánico sobre las zonas oxidadas. ....	79
Fig. 158: Aplicación de agua y alcohol etílico, en proporción 1:1, sobre el papel tisú. ....	80
Fig. 159 y Fig. 160: Proceso de inyección del adhesivo (izqda.) y adhesión mecánica de la capa pictórica desprendida (dcha.). ....	81
Fig. 161 y Fig. 162: Señalados en verde, puntos de la capa pictórica, anteriormente desprendidos, tras el proceso de fijación y su correspondiente tiempo de secado. ....	81
Fig. 163: Inyección de Paraloid® B-72 en la cola, para la consolidación de su estructura. ....	82
Fig. 164, Fig. 165 y Fig. 166: Proceso de adhesión de uno de los soportes del ala derecha, incluyendo la aplicación de cola blanca, retirada del pegamento sobrante. ....	83
Fig. 167: Resultado final, con el soporte ya pegado y seco. ....	83
Fig. 168 y Fig. 169: Arriba, aspecto final del alerón, tras su corrección estructural. Abajo, comparativa entre el antes (izqda.) y el después (dcha.) del tratamiento. ....	84
Fig. 170: Masilla epóxica Axson® durante el amasado, antes de su utilización. ....	85
Fig. 171 y Fig. 172: Aplicación de la pasta epóxica (izqda.) y alisado superficial con espátula, para eliminar posibles anomalías o desniveles (dcha.). ....	85
Fig. 173 y Fig. 174: Ejemplo de la adhesión de una de las zonas más desprendidas de la policromía, situada en la mitad inferior del alerón derecho, una vez se contaba con el soporte estructural adecuado, fruto de la adición de la masilla Axson®. A la derecha, su proceso de secado, con ayuda de la presión constante de una pinza de pequeño tamaño. ....	86
Fig. 175: Unificación de las lagunas consolidadas, con lima de diamante. ....	86
Fig. 176: A la izquierda, punta del alerón trasero, reconstruida con pasta de madera y antes de ser lijada. A la derecha, aspecto que ofrecía tras su homogenización, tanto con limas de diamante, para su superficie; como con bisturí, para su forma. ....	86
Fig. 177 y Fig. 178: Ejemplos de varias de las lagunas consolidadas antes (izqda.) y después (dcha.) del proceso de lijado, correspondientes a la parte inferior del ala izquierda, al lateral del ala derecha, a la zona superior del ala izquierda y a la parte superior del ala izquierda y a la parte superior del alerón trasero derecho, respectivamente. ....	87
Fig. 179: Adición de la capa de Acril® 33. ....	87
Fig. 180: Tira de tela utilizada (arriba) y proceso de adhesión (abajo). ....	88

Fig. 181 y Fig. 182: Vista lateral (arriba) y casi frontal (abajo) del aspecto de la cinta de tela ya recortada y del alerón, colocado para su secado. ....	89
Fig. 183: Sistema de sujeción empleado para el secado correcto del alerón. ....	90
Fig. 184 y Fig. 185: Aspecto de las lagunas estructurales en la zona del alerón, tras haber sido rellenadas con masilla Axson®, por ambos laterales. ....	90
Fig. 186: Zona en la que se llevó a cabo el refuerzo. ....	91
Fig. 187, Fig. 188, Fig. 189 y Fig. 190: Proceso de reparación de la zona inferior de la cola, por medio de un parche. Primero, se le dio cuerpo pegando un retal de tela por la parte de abajo, pegando bien todas las zonas que se encontraban desprendidas o “en el aire”, sin ningún tipo de estructura. Posteriormente, se remató el proceso con el barnizado, para terminar de adherir los puntos que no había sido posible pegar en primera instancia, además de haber utilizado pigmentos al barniz para unificar su apariencia. ....	92
Fig. 191 y Fig. 192: Consolidación de la cabina, con hilos del tejido utilizado para los parches. ....	92
Fig. 193, Fig. 194 y Fig. 195: Proceso de reintegración: primero, se aplicó una base de color claro (arriba). Después, se fueron realizando líneas de color cada vez más finas y juntas, para crear una zona de color que se mimetizase lo máximo posible con la policromía circundante (centro y abajo). ....	93
Fig. 196, Fig. 197 y Fig. 198: Ejemplos de otros puntos de la pieza, correspondientes a las alas (arriba y centro) y al alerón trasero (abajo), ya reintegrados. ....	94
Fig. 199: Aplicación del barniz sobre la cabina. ....	95
Fig. 200 y Fig. 201: Detalles de la mitad superior de la maqueta, en las que se observa claramente el reflejo de la luz sobre la capa pictórica, tras el barnizado. ....	96
Fig. 202 y Fig. 203: Ejemplos de algunas de las lagunas de mayor extensión de la pieza, en las que se aprecia bien la diferencia de color y de brillo, tras el barnizado. ....	97
Fig. 204: Adición de los retoques. ....	97
Fig. 205 y Fig. 206: Debido a que los colores se oscurecían al secarse por completo, los pigmentos al barniz ayudaron a homogeneizar las reintegraciones, aportando la luminosidad y matiz rojizo que les faltaba de base. Las imágenes se corresponden con las lagunas mostradas en imágenes anteriores, en la parte delantera del ala izquierda y en el alerón izquierdo (visto desde la parte delantera). ....	98
Fig. 207: Vista frontal de la pieza, después de su restauración. ....	99
Fig. 208 y Fig. 209: Vista frontal de la pieza, antes (izqda.) y después (dcha.) de la intervención. ....	99
Fig. 210 y Fig. 211: Comparativa del antes y el después, esta vez en la parte inferior de la maqueta. ....	99

### **-Ilustraciones:**

Ilustración 1: Mapa de daños, correspondiente a la mitad superior de la pieza, y su leyenda. ....	32
Ilustración 2: Mapa de daños, correspondiente a la mitad inferior de la pieza, y su leyenda. ....	33
Ilustración 3: Esquema de la captura de un modelo tridimensional [Ilustración], por Azzam, R., Taha, T., Huang, S. et al., 2020, SpringerLink ( <a href="https://link.springer.com/article/10.1007/s42452-020-2001-3">https://link.springer.com/article/10.1007/s42452-020-2001-3</a> ). RightsLink®. En la	

imagen, el cubo azul se correspondería con la posición de la cámara. Las tomas deberían solaparse, idealmente, un 60% o más.....	35
Ilustración 4 e Ilustración 5: Esquema que muestra el motor de la maqueta, a partir de una fotografía del mismo (arriba). A continuación, despiece del motor, con todos sus elementos señalados. (Adaptado a partir del despiece de un motor de glow [Ilustración], por El Gato Volante, 2019 [ <a href="https://gatovolante.wordpress.com/2019/03/12/motores-para-aeromodelismo-ajuste-de-la-carburacion/">https://gatovolante.wordpress.com/2019/03/12/motores-para-aeromodelismo-ajuste-de-la-carburacion/</a> ]).....	62
Ilustración 6: Interior de un motor de dos tiempos, similar al de la maqueta. [Ilustración], por Noticias-motor, s.f. ( <a href="https://noticias-motor.com/motores-de-2-tiempos-que-son-de-que-manera-marchan-virtudes-y-tambien-problemas/">https://noticias-motor.com/motores-de-2-tiempos-que-son-de-que-manera-marchan-virtudes-y-tambien-problemas/</a> ).....	63
Ilustración 7: Esquema que ilustra, de forma simple, el funcionamiento de un motor de dos tiempos. [Ilustración], por Online Sale Cheaps, s.f. ( <a href="https://onlinesale.cheaps2022.ru/content?c=motor%20%20tiempos%20moto&amp;id=12">https://onlinesale.cheaps2022.ru/content?c=motor%20%20tiempos%20moto&amp;id=12</a> ). .....	64
Ilustración 8: Triángulo de Teas, con la solubilidad de la mayoría de barnices y productos de restauración marcados con figuras de diferentes colores. [Ilustración], por Baij, L., Hermans, J.J., Ormsby, B. y Keune, K., 2020. ResearchGate ( <a href="https://www.researchgate.net/figure/The-Teas-chart-projecting-three-dimensional-Hansen-solubility-parameters-onto-a_fig1_341191019">https://www.researchgate.net/figure/The-Teas-chart-projecting-three-dimensional-Hansen-solubility-parameters-onto-a_fig1_341191019</a> ). NaturePortfolio. El triángulo rojo, por su parte, indica las zonas de solubilidad que cubre el Test de Wolbers, bastante extensa. ....	73
Ilustración 9: Esquema que indica por qué partes puede sostenerse la pieza. Las alas (en rosa) funcionarían como apoyo si se manipula o coloca la maqueta al revés. ....	101

**-Tablas:**

Tabla 1: Ficha técnica de la pieza intervenida. ....	9
Tabla 2: Resumen de los factores de deterioro que han afectado a la pieza.....	21
Tabla 3: Mezclas de disolventes utilizadas en el Test de Wolbers. ....	72
Tabla 4 y Tabla 5: Resultados obtenidos en cada disolvente, durante la limpieza química.....	75