

Empleo de microimanes como sistema de unión de injertos durante el tratamiento de reintegración: retrato escultórico de Jacob Merrill Kaplan y retrato de Jules C. Stein

M. Azahara Rodríguez, Laura Osete Cortina, Xavier Mas-Barberà

Resumen: Este estudio aborda el uso de imanes durante la reintegración de volumen en dos retratos escultóricos de yeso realizados por el escultor cubista Jacques Lipchitz. Estas piezas forman parte de la colección de yesos donada a la Real Academia de Bellas Artes de San Carlos de Valencia por parte de la Fundación Jacques and Yulla Lipchitz. Presentan pérdida de los extremos (hélix) del pabellón auricular, depósitos de suciedad superficial, así como abrasión. El objetivo ha sido crear injertos y su adhesión mediante un procedimiento con microimanes de un modo reversible y en consonancia con el lenguaje creativo del escultor. Para ello, se ha aplicado el modelo teórico (Rodríguez, 2017) que posibilita la predicción del comportamiento de las uniones y determina la distribución de las fuerzas magnéticas por la superficie de la junta consiguiendo estabilizarlas. Asimismo, se han seleccionado los imanes óptimos conforme al tamaño, peso y posicionamiento de los injertos. Este trabajo pone de relieve el afianzamiento de estrategias de intervención válidas en el contexto actual de la conservación y restauración de escultura y elementos ornamentales por su carácter reversible y no invasivo.

Palabras clave: microimanes, sistemas magnéticos, injertos, escultor Jacques Lipchitz, retrato escultórico, Fundación Jacques y Yulla Lipchitz

Use of micro magnets as a grafts bonding system during the reintegration treatment: sculptural portrait of Jacob Merrill Kaplan and portrait of Jules C. Stein

Abstract: This study addresses the use of magnets during volumetric reintegration in two sculptural plaster portraits created by the cubist sculptor Jacques Lipchitz. These pieces are part of the plaster collection donated to the Royal Academy of Fine Arts of San Carlos in Valencia by the Jacques and Yulla Lipchitz Foundation. The objects show loss of the extremities (helix) of the auricular pavilion, as well as superficial dirt deposits and signs of abrasion. The aim was to create grafts and their adhesion through a delicate procedure with micro magnets in a reversible manner, in harmony with the sculptor's creative language. To this end, a theoretical model (Rodríguez, 2017) was applied to predict the behavior of the joints and determine the distribution of magnetic forces across the bonding surface, thereby achieving their stabilization. In this context, optimal magnets were selected based on the size, weight, and positioning of the grafts. This work highlights the consolidation of intervention strategies that are considered valid within the current framework of sculpture and ornamental element conservation and restoration, due to their reversible and non-invasive nature.

Keywords: micro magnets, magnetic systems, grafts, Jacques Lipchitz sculptor, sculptural portrait, Jacques and Yulla Lipchitz Foundation

Emprego de microímans como sistema de união de enxertos durante o tratamento de reintegração: retrato escultórico de Jacob Merrill Kaplan e retrato de Jules C. Stein

Resumo: Este estudo aborda a utilização de ímanes durante a reintegração volumétrica em dois retratos escultóricos em gesso realizados pelo escultor cubista Jacques Lipchitz. Estas obras fazem parte da coleção de moldes em gesso doada à Real Academia de Belas-Artes de São Carlos de Valência pela Fundação Jacques e Yulla Lipchitz. Apresentam perdas nas extremidades (hélice) do pavilhão auricular, depósitos de sujidade superficial, bem como abrasões. O objetivo consistiu em criar enxertos e promover a sua fixação através de um procedimento com microímans, de modo reversível e em consonância com a linguagem criativa do escultor. Para tal, foi aplicado o modelo teórico de Rodríguez (2017), que permite prever o comportamento das uniões e determinar a distribuição das forças magnéticas na superfície da junta, garantindo a sua estabilização. Além disso, foram selecionados os ímanes mais adequados

em função do tamanho, peso e posicionamento dos enxertos. Este trabalho evidencia o reforço de estratégias de intervenção válidas no contexto atual da conservação e restauro de escultura e elementos ornamentais, devido ao seu caráter reversível e não invasivo.

Palavras-chave: microímanes, sistemas magnéticos, enxertos, escultor Jacques Lipchitz, retrato escultórico, Fundação Jacques e Yulla Lipchitz

Introducción

El presente trabajo aborda el tratamiento de reintegración llevado a cabo sobre dos yesos del escultor cubista, de origen lituano, Jacques Lipchitz (1891-1973). Se trata de sendos retratos escultóricos de un total de 31 piezas que han sido donadas a la Real Academia de Bellas Artes de San Carlos de Valencia por parte de la Fundación Jacques and Yulla Lipchitz de Nueva York (Osete *et al.* 2024; De Barañano 2006, 2010 y 2013).

Los métodos actuales de conservación curativa y restauración de escultura y artes decorativas implican, durante los procesos de reintegración o unión de fragmentos, el uso de adhesivos orgánicos, resultando en la mayoría de los casos un material filmógeno que penetra en la superficie del original (Iborra *et al.* 2013; Contrafatto y Cosenza 2014; Raftery y Whenlan 2014). Este tipo de intervención proporciona robustez y estabilidad a la obra de arte, pero limita el principio de mínima intervención y reversibilidad, sobre todo, si para estabilizar la intervención se incorporan espigas de refuerzo perforando de forma irreversible partes originales.

En este sentido, es oportuno aplicar metodologías y estrategias menos invasivas que proporcionen a la obra de arte una robustez similar, manteniendo a su vez la reversibilidad de la intervención en la medida de lo posible y el respeto por la obra de arte. Por ello, el uso de materiales magnéticos se plantea como una solución alternativa real para este problema.

Entre los materiales magnéticos, los imanes permanentes, en adelante denominados imanes, son componentes esenciales en muchos campos tecnológicos debido a su capacidad para proporcionar una gran respuesta magnética sin la aplicación de un campo magnético externo (Abad y Sagredo 2018). En concreto, aparece una gran fuerza entre dos imanes o entre un imán y un material ferromagnético siempre que la temperatura esté por debajo de la temperatura de Curie, una temperatura característica a partir de la cual el material pierde su magnetismo permanente. Los imanes de la aleación NdFeB, conocidos como imanes de Neodimio Hierro-Boro (Coey 1996), son una excelente opción para aplicaciones prácticas ya que combinan una gran respuesta magnética¹, lo que hace que su fuerza en relación con su tamaño sea excelente, proporcionando una solución óptima con un costo relativamente bajo. Asimismo, y en términos generales, estos imanes poseen una temperatura de Curie relativamente baja (312 °C) y una mínima resistencia a la corrosión. Estas particularidades no suponen un problema para ser aplicados en el ámbito de la conservación y la restauración dado que no se someten a estas elevadas temperaturas y, los imanes de neodimio comerciales llevan un revestimiento protector níquelado (Ni-Cu-Ni) ante la corrosión (Sugimoto 2011).

El uso de materiales magnéticos en la conservación y restauración aplicados al Patrimonio Cultural es bastante reciente. Desde finales de la década de 1980, los imanes se han utilizado en la conservación preventiva y la musealización, mejorando los métodos de exposición de documentos gráficos, pergaminos, textiles y pinturas murales (Spicer 2016). Más recientemente, los restauradores han utilizado los sistemas magnéticos como herramienta para producir adherencia entre capas de pintura, para eliminar deformaciones (Sterp y Sánchez 2022; Texeira 2024; Szozda y Zurek 2024), para buscar piezas metálicas en piezas arqueológicas o como herramienta de limpieza (Carretti *et al.* 2010). Sin embargo, son pocos los ejemplos en los que los materiales magnéticos, principalmente los imanes permanentes, se utilizan como herramienta alternativa para unir fragmentos o para ayudar en la inserción de injertos reconstructivos en esculturas (Rodríguez 2017; Santos 2019; Didier *et al.* 2020). El uso de imanes en la conservación y restauración de esculturas tiene el potencial de cumplir con los criterios de mínima intervención, respeto por la obra de arte original, y, lo que es más importante, reversibilidad. En general, el uso de imanes en tratamientos está sujeto a las habilidades y criterios del conservador/restaurador, y su aplicación es intuitiva. El empleo sistemático de sistemas magnéticos en el campo de la escultura y las artes decorativas aún no está muy extendido. En investigaciones anteriores (Rodríguez *et al.* 2018; Alcantud *et al.* 2018), se ha mostrado la posibilidad de utilizar imanes permanentes para la restauración de esculturas en piedra, desarrollando un método sistemático para determinar la elección óptima de los imanes y las ubicaciones para colocarlos en las piezas a unir, minimizando el impacto y asegurando la reversibilidad. En este trabajo se expone el potencial de este método, aplicado durante la restauración de dos piezas de yeso del escultor cubista Jacques Lipchitz, cuyo reto ha residido en la manipulación y colocación precisa de imanes de dimensiones extremadamente reducidas durante la fijación de injertos con morfología heterogénea y superficies de fractura irregulares, lo que ha supuesto una considerable complejidad en términos de ajuste y reintegración volumétrica. En definitiva, la intervención de reintegración ha completado el volumen perdido de ambas piezas mediante la adición de injertos de un modo reversible y discernible textural y cromáticamente (UNE EN 41810:2017).

Caso de estudio

Las piezas objeto de esta intervención son dos yesos del escultor Jacques Lipchitz, artista que destaca por ser uno de los pioneros del cubismo en la escultura de principios del siglo XX, compartiendo el panorama artístico del momento con destacados maestros como Alexander Archipenko o Henri Laurens (Pütz 2002; Arnason 1972). Para Lipchitz el proceso de creación escultórica comienza con el boceto o maqueta, una

práctica fundamental que le permite "*fijar inmediatamente una idea y cambiarla rápidamente*" (De Barañano 2006, 2009, 2010 y 2013; Pütz 2005). La colección donada a la Real Academia de Bellas Artes de San Carlos de Valencia abarca obras fechadas entre 1923 y 1971-72, ofreciendo un recorrido cronológico por la evolución creativa del artista (Osete *et al.* 2024; VVAA 2015; De Barañano 2006 y 2009; Arnason 1972; Hope 1954).

Las piezas de este trabajo se refieren a: i) retrato del Dr. Jules C. Stein^[2] (39 x 27 x 20 cm aprox., 1963) (en adelante rCS) y, ii) retrato de Jacob Merrill Kaplan³ (43 x 22 x 29 cm aprox., sf.) (en adelante rMK) [Figura 1]. Se trata de dos modelos que representan a dos personalidades distinguidas del momento, amigos del artista, y que sirvieron como referentes para pasarse a un material definitivo (fundición en bronce o sacado de puntos en piedra, entre otras técnicas) (Wilkinson 2000 y 1998; Yvars y Ybarra 1997; Barbler *et al.* 1977; Arnason 1972; Hope 1954). Concretamente, la pieza rMK se muestra directamente en yeso sin recubrimiento y, rCS es un yeso con varias capas de goma laca aplicada, en este caso, como separador durante los procesos de moldeado. En ambos casos, el yeso es un sulfato de calcio dihidrato, obtenido a partir de la hidratación del sulfato de calcio semihidrato (semihidrato beta con anhidrita II o yeso *fino de construcción*, UNE 13279-1:2009; UNE 13279-2:2014), y de un tamaño de partícula fina, con contenido en sulfato de calcio superior al 80 %. En términos generales, el estado de conservación de las piezas es bueno. La pieza rMK presenta pérdida de la punta de la oreja derecha, suciedad superficial e incrustada, así como abrasión superficial; mientras que la pieza rCS muestra pérdida de la punta de la oreja izquierda, depósitos de suciedad superficial y de resina orgánica (ICOMOS 2011). La presencia de resina, como adhesivo, en las zonas de fractura del pabellón auricular pone de manifiesto, en ambos casos, la intención deliberada del artista de recuperar el volumen original y preservar su unidad formal.

De igual modo, las piezas han sido examinadas mediante técnicas no invasivas y mínimamente invasivas previamente al tratamiento integral de conservación curativa y restauración (Osete *et al.* 2024; Sala *et al.* 2024) revelando resultados que confirman la coherencia entre los materiales y las técnicas empleadas por el escultor y en consonancia con las circunstancias acaecidas en el taller. En términos generales, las mediciones de pH y conductividad iónica superficial, junto con la evaluación del comportamiento hídrico mediante la determinación del ángulo de contacto y el ensayo de absorción de la gota, se realizaron siguiendo los procedimientos normalizados (UNE-EN 12621:2004, UNE-EN 15802:2010; RILEM Nº II.8a). Estos análisis pusieron de manifiesto una ligera alteración tanto del soporte como del estrato superficial, relacionado con procesos naturales de envejecimiento y con las condiciones ambientales del entorno del estudio del artista. Los valores de pH se situaron entre 5,5 y 6,8 puntos; mientras que las conductividades registradas oscilaron entre 110 y 530 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Por otra parte, las mediciones hídricas evidenciaron diferencias significativas entre zonas protegidas por pátinas, identificadas como estratos de goma laca, que presentaron ángulos de contacto superiores a 98° y tiempos de absorción por encima de 180 segundos, y otras áreas correspondientes al soporte de yeso, cuya mayor

porosidad y permeabilidad se tradujo en absorciones inferiores a 3 segundos. La caracterización morfológica y composicional, realizada mediante espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) y microscopía electrónica de barrido de emisión de campo con análisis de energía dispersiva de rayos X (FESEM-EDX), permitió identificar los principales materiales constitutivos y añadidos. Se detectaron bandas características del sulfato de calcio hidratado (yeso) en las regiones 3600–3400 cm^{-1} (vibraciones O–H) y 1100–1000 cm^{-1} (vibraciones del grupo SO_4^{2-}), así como picos atribuibles a goma laca (en torno a 1700 cm^{-1} , vibración C=O) y residuos de nitrocelulosa (picos a ~1550 cm^{-1} , ~1350 cm^{-1} y ~1100 cm^{-1}). Complementariamente, los exámenes reflectográficos en luz visible, ultravioleta (UV) y luz rasante permitieron identificar con claridad zonas de reintegración de volumen y variaciones de textura en superficie realizadas por parte del artista de entre el resto de los daños observados.

Finalmente, a partir del conjunto de datos obtenidos, la decisión de incorporar injertos de reducido tamaño en los casos objeto de intervención planteó consideraciones relevantes desde el punto de vista ético en el ámbito de la conservación. El proceso desarrollado podría parecer contradictorio con los principios de mínima intervención, ampliamente aceptados como marco deontológico en el campo de la conservación-restauración. A pesar del tamaño de los injertos, por su escala y visibilidad, podrían sugerir que su reintegración volumétrica no resulta esencial para la comprensión o estabilidad de la obra, y que su omisión constituiría, incluso, una elección más prudente desde el punto de vista ético. Sin embargo, esta intervención no responde a un criterio estético o reconstructivo, sino que se fundamenta en evidencias materiales que apuntan a un intento de recomposición por parte del propio autor. La presencia de restos de adhesivo en las zonas de fractura originales, aplicados directamente por el propio artista, revela de forma inequívoca su intención explícita de reparar la forma volumétrica de las partes dañadas. Esta evidencia convierte la reintegración en un acto de respeto al proceso creativo original, donde la reconstrucción formal se vincula a la integridad conceptual de las piezas, más allá de su apariencia material. Además, desde un enfoque contemporáneo de la práctica conservativa, la noción de "mínima intervención" no debe entenderse como inacción, sino como una intervención cuidadosamente razonada, técnicamente justificada y plenamente reversible. En este caso, el sistema empleado, localizado puntualmente sobre las zonas de fractura más estables, permitió llevar a cabo las reintegraciones con un alto grado de control técnico, sin adhesión permanente ni modificación irreversible del soporte original. La incorporación de injertos, en este contexto, no supone una transgresión del principio de intervención mínima, sino su aplicación consciente y el respeto por la autenticidad material, la fidelidad al lenguaje escultórico del artista y la necesidad de preservar la continuidad volumétrica de las piezas. La validez de esta acción no reside tanto en la dimensión física de los injertos como en el significado que adquieren dentro del contexto material, histórico y plástico de las obras. Al tratarse de retratos escultóricos, su recuperación permite restablecer no solo la forma, sino también una parte de la intención artística y de la coherencia del objeto en sí.

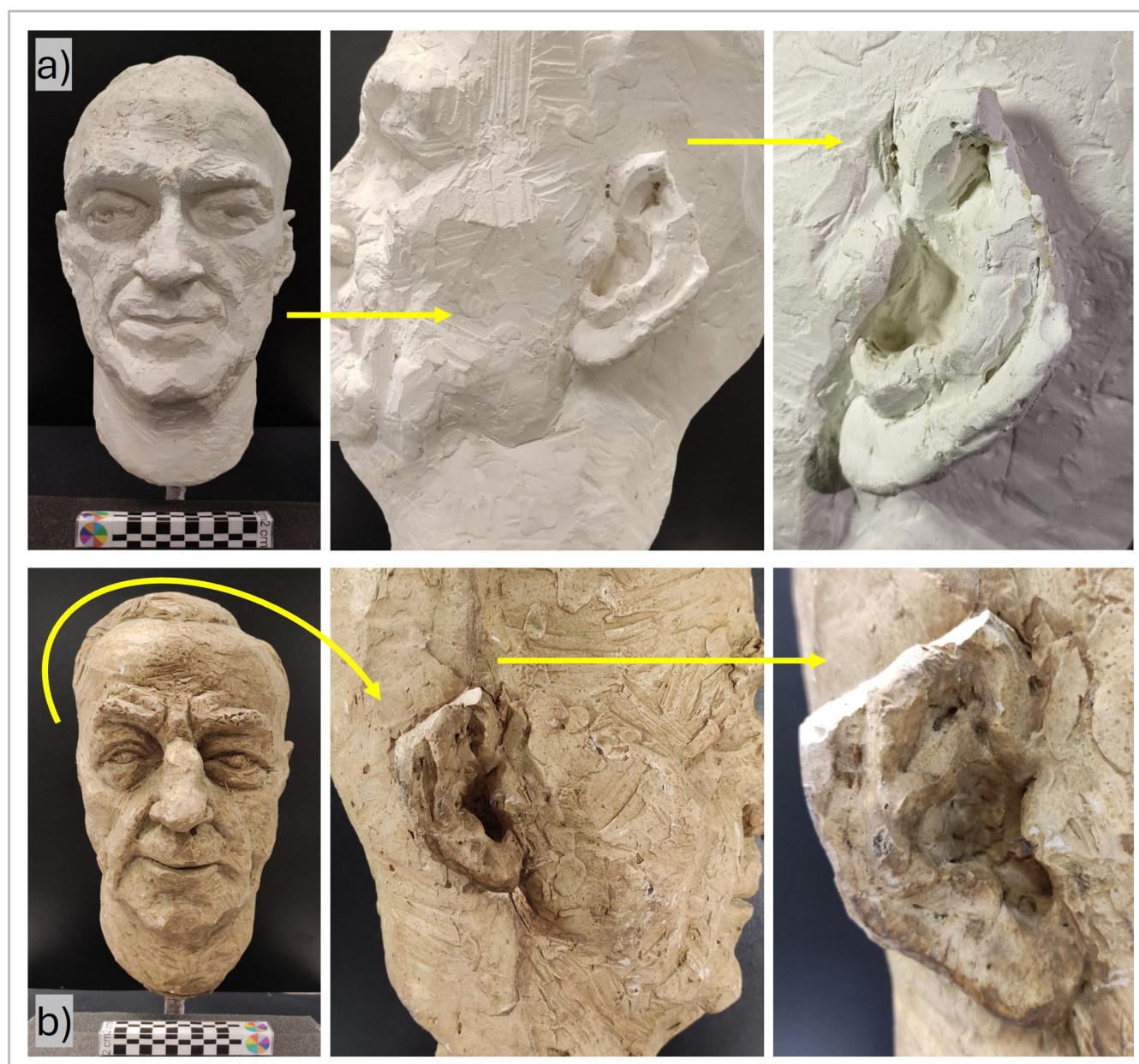


Figura 1.- (a-b). Retratos escultóricos de yeso objeto de esta intervención. a) Vista general frontal y lateral, y detalle de la pérdida del hélix del pabellón auricular izquierdo, retrato del Dr. Jules C. Stein. b) Vista general frontal y lateral, y detalle de la pérdida del hélix del pabellón auricular derecho, retrato de Jacob Merrill Kaplan.

Materiales y método

—Injertos de yeso

Para la realización de los injertos se empleó una pasta preparada a partir de varios componentes conforme a los resultados obtenidos en los estudios y análisis preliminares realizados sobre varias muestras de soporte de yeso procedente del original (Osete-Cortina y Mas-Barberà sf). Para ello se empleó un sulfato de calcio semihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$) comercializado como *Iberyola*®, de la Compañía Placo Saint-Gobain, al que se le añadió una carga de polvo de carbonato cálcico (partícula 0-120 micras) y un aditivo (blanco de zinc) suministrados por *Kremer Pigments*, respectivamente (la proporción corresponde a un 66 % de sulfato de calcio semihidratado, 33% de

carbonato cálcico y 1 % de blanco de zinc; en una relación de 1: 0,7 (p/v) de la mezcla con agua); de este modo, tras su fraguado se garantizaba un material afín con respecto al original, aunque más blando y discernible (física, química y mecánicamente). Para el modelado de los injertos se tuvo en consideración información documental tomada en diversos catálogos y registros fotográficos de la *Fundación Jacques and Yulla Lipchitz* (Barañano 2009). Finalmente, la reintegración del volumen se efectuó con ayuda de una espátula de metal y aplicación manual de la pasta de yeso modificada sobre la zona de pérdida, previamente humedecida con agua destilada (en otras ocasiones, la zona se protege con *Parafilm*®, Rodríguez et al. 2018). El injerto resultante de la pieza rCS no recibió protección alguna conforme al original, mientras que el injerto de la pieza rMK se reintegró cromáticamente armonizándolo

con el resto de la pieza aplicando una veladura con color *Gouache Vallejo*®.

Los dos injertos reconstruyen el hélix, la parte superior del cartilago de la oreja. El injerto de la pieza rCS que reconstruye el hélix de la oreja izquierda tiene un peso en seco de 5,192 g; mientras que el injerto de la oreja derecha de la pieza rMK resulta con un peso de 6,634 g (secado tras 24 horas a temperatura ambiente, respectivamente). Ambos tienen unas dimensiones de 5 cm de longitud y un grosor de sección (o zona de contacto) de 1 cm, aproximadamente.

— Aplicación del “modelo teórico”

Para el tratamiento de las piezas objeto de este trabajo se tomó en consideración el modelo teórico desarrollado por Rodríguez (2017), el cual establece el modo de calcular la fuerza de sujeción que deben proporcionar los imanes para que el sistema sea estable y se garantice la integridad de la unión. Asimismo, se considera fundamental que el campo magnético sea lo más pequeño posible y se mantenga cerrado en la zona minimizándose la posible contaminación de partículas del ambiente. Para ello, debe calcularse la posición de los imanes y sus características magnéticas utilizando un modelo analítico basado en las leyes de la estática^[4]. La base física del modelo es lógica, esto es que las fuerzas magnéticas ejercidas por los imanes en la unión sea lo suficientemente representativa como para garantizar que el fragmento unido no se mueva. Para ello se requiere conocer varios parámetros: a) peso, longitud, ancho y ángulo que forma la pieza a unir y el tamaño de la sección de la pérdida, b) el coeficiente de rozamiento entre las dos superficies a unir para poder aplicar el modelo y proporcionar la fuerza necesaria que evite el fallo de la unión y, por consiguiente, la separación de las partes y, c) el centro de masas de la pieza a unir para conocer cómo va

a estar repartido el peso. En este sentido, el modelo teórico proporciona el valor mínimo de fuerza que el imán tiene que aportar como fuerza total. En este caso, dado que la posición de la fractura con el implante no da pie a rotación, este valor se calcula resolviendo dos ecuaciones. Por un lado, todos los pesos (P), la fricción (F), la relación entre las piezas (R) y la fuerza magnética (M) deben sumar cero, evitando así la rotura de la unión a través del deslizamiento (*Ecuación 1*). Por otro lado, la suma de los momentos de las fuerzas también debe ser cero para evitar que la junta se rompa por rotación del fragmento (*Ecuación 2*).

$$\text{Ecuación 1: } P + F + R + M = 0$$

Considerando la dirección horizontal, $M = R$.

Considerando la dirección vertical:

$$P = F$$

$$F = \mu R = \mu M$$

Donde μ corresponde al valor de fricción o de rozamiento

$$\text{Ecuación 2: } \text{Por tanto, } M = P/\mu$$

De acuerdo con la Ecuación 2, la selección de los imanes depende únicamente del peso del injerto, de la morfología del plano de apoyo y del coeficiente de fricción entre las diferentes piezas. En este caso, dada la forma y encaje de los injertos, no existe tendencia a la rotación posible, por lo que el equilibrio de momentos se garantiza plenamente. El parámetro conocido como coeficiente de rozamiento (μ) da cuenta de la resistencia que presentan dos cuerpos al deslizar uno sobre otro (Tipler 1992).

La Figura 2 muestra el modelo teórico desarrollado conforme a los injertos practicados en las piezas objeto de intervención.

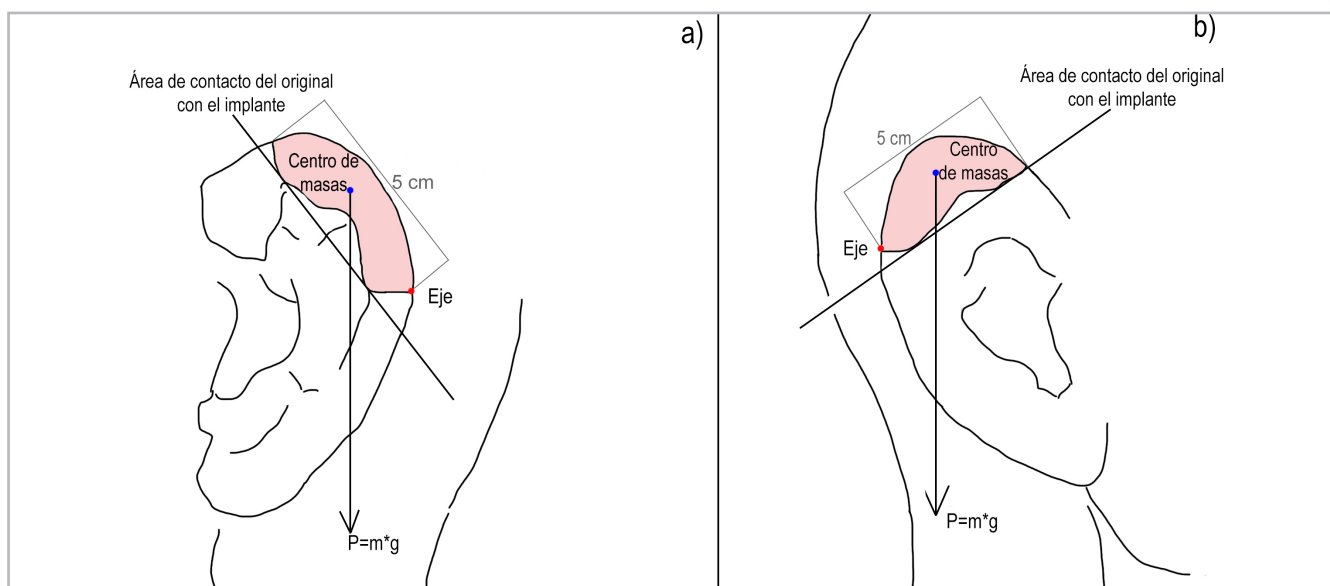


Figura 2.- (a-b). Modelo teórico desarrollado para la unión de los injertos. a) Retrato del Dr. Jules C. Stein. b) Retrato de Jacob Merrill Kaplan.

Resultados y discusión

El uso de sistemas magnéticos en los procesos de unión de injertos comporta varias acciones destacadas, entre ellas, i) el cálculo de la fuerza magnética a partir del modelo teórico mencionado anteriormente; ii) la elección de los imanes y, iii) el empleo de un adhesivo que mantenga los imanes puntualmente fijados a la superficie del original y a la superficie del injerto.

En este sentido, si se aplica a los casos de estudio (rCS y rMK) la *Ecuación 2* conforme al modelo teórico, se obtiene una fuerza magnética (M_f) de 0,06 N y 0,08N respectivamente, dado que el peso del injerto de la pieza rCS resulta 5,192 g y, el injerto de la pieza rMK es 6,634 g, considerando el valor de fricción (μ) de 0,86 puntos — valor medido en materiales inorgánicos porosos de similares propiedades (Rodríguez 2017)—. Por lo tanto, la fuerza magnética requerida para asegurar el equilibrio será de 0,08 N. Asimismo, si se contempla el factor de seguridad del método teórico, con el fin de compensar posibles errores de alineación o irregularidades superficiales, deben seleccionarse imanes que proporcionen una fuerza magnética superior al valor de equilibrio y que, según las especificaciones de los fabricantes (para este caso de la compañía *Supermagnete*), se corresponde con el modelo S-02-01-N con una M_f de 1,08 N [Tabla 1].

De igual modo, con el fin de minimizar el campo magnético, los imanes deben colocarse en configuraciones magnéticas opuestas reduciendo así el flujo magnético fuera de los injertos [Figura 3]. Esta configuración puede determinarse con ayuda de simulaciones de elementos finitos conforme a los estudios desarrollados por Rodríguez (2017).

Parámetros	Pieza rCS	Pieza rMK
peso seco (p) del implante en g	5,192 g	6,634 g
valor de fricción (μ) (Rodríguez 2017)	0,86	
fuerza magnética (M_f)	0,06 N	0,08N
equilibrio fuerzas	0,08 N	1,00 N
factor de seguridad	1,08 N	
modelo de imán comercializado (Supermag-nete)	S-02-01-N	S-02-01-N

2 mm de diámetro; 1 mm de grosor; 1, 08 N de fuerza de sujeción; Magnetización axial.

Propiedades S-02-01-N

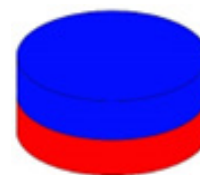


Tabla 1.- Datos resultantes de aplicar el modelo teórico a los casos rCS y rMK.

Asimismo, el sistema de imanes seleccionado debe fijarse a la obra mediante un adhesivo. Generalmente, el tamaño y peso del injerto, el tipo de material y la ubicación de la pieza son propiedades que determinan la elección del adhesivo. En este caso, el tamaño de los injertos y la conservación de las piezas en un ambiente controlado reducen los inconvenientes en cuanto a las condiciones de temperatura y humedad relativa se refiere (agentes desencadenantes de oxidación y corrosión). Se eligió la

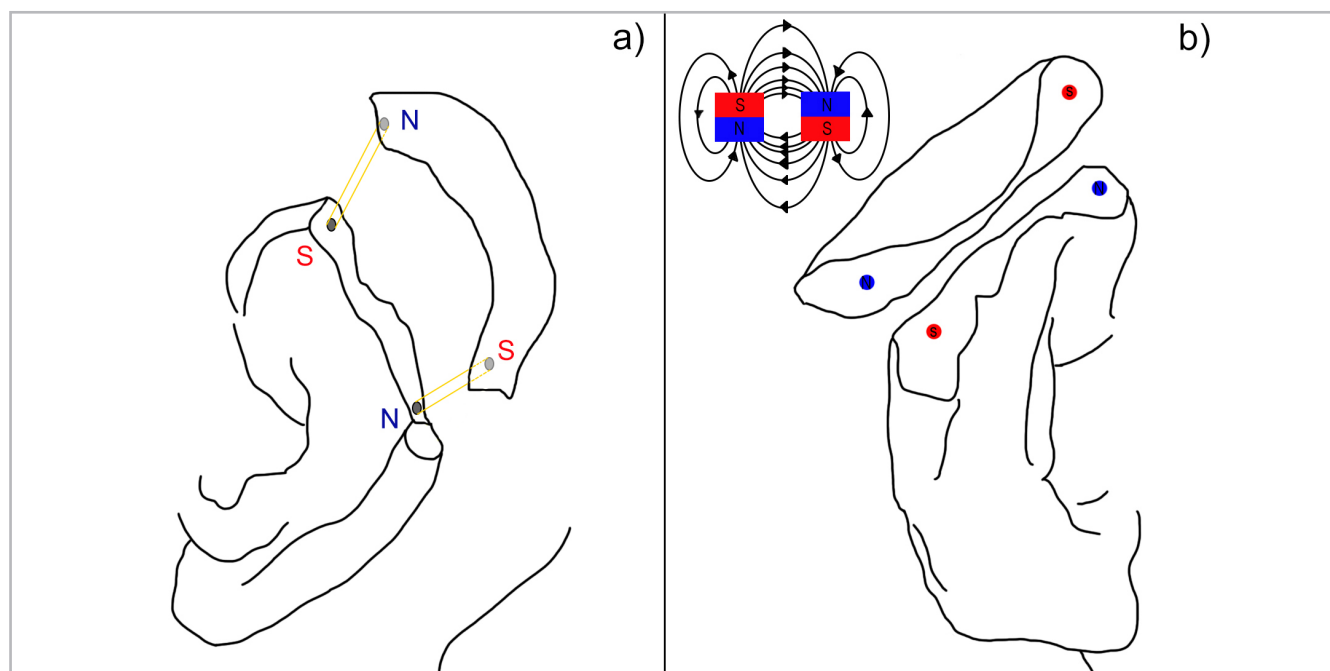


Figura 2.- (a-b). Detalle de la zona de pérdida y fragmento del injerto aplicando el modelo teórico. Colocación de los imanes en configuración opuesta y alternada mejorando el cierre del campo magnético. a) pieza rCS y, b) pieza rMK, respectivamente.

resina acrílica *Paraloid B-72*® diluida con acetona (50 % p/v) dada su solubilidad y retratabilidad; así como, por su óptimo comportamiento en los ensayos de resistencia mecánica a tracción y elongación realizados sobre probetas de escayola (112 N y 0,45 mm, respectivamente) (Rodríguez 2017).

—Unión de los injertos mediante microimanes

Finalmente, el proceso de creación de los injertos y la inserción de los micro imanes durante el tratamiento del retrato de la pieza rCS y, de pieza rMK se presenta a continuación [Figuras 4 y 5]:



Figura 4.- (a-h). Tratamiento de reintegración volumétrica en la pieza rCS. a) Detalle de la parte faltante del hélix del pabellón auricular izquierdo; b) Injerto de yeso; c) Injerto con y sin sistemas magnéticos. Por un lado, se aprecia el hueco que albergará los imanes y, por otro lado, el par de imanes instalado en el hueco (en este caso, uno fijado al injerto y, el otro se fijará en el original, ambos separados por film de polietileno); d) Injerto, con los pares de imanes, dispuesto para fijarse en la zona faltante del original; e) Fase de adhesión de los imanes en la zona del original; f) Se aprecia la fijación de los imanes de modo puntual; g) Injerto instalado completamente; y, h) Vista lateral y trasera resultante tras la intervención.



Figura 5.- (a-g). Tratamiento de reintegración volumétrica en la pieza rMK. a) Detalle de la parte faltante del hélix del pabellón auricular derecho; b) Secuencia donde se ilustra el injerto de yeso: i) sin y con huecos y, ii) sin y con sistemas magnéticos; c) Injerto con dos imanes fijados y zona del original con los otros dos imanes adheridos; d-e) Vista trasera y frontal del injerto instalado; f) Tratamiento cromático del injerto mediante la técnica de punteado; g) Vista lateral y trasera resultante tras la intervención.

1) Se prehumedece levemente la zona con agua destilada (en otras ocasiones, la zona se protege con Parafilm®, Rodríguez et al. 2018) y se reintegra el volumen faltante (punta del pabellón auricular o hélix) mediante la pasta de yeso. Tras su fraguado (10'), se retira cuidadosamente mediante un leve movimiento resultando el fragmento del injerto. Se deja secar durante 24 horas aproximadamente y, posteriormente, se repasa cuidadosamente con pequeñas escofinas

2) Se señalan en la parte del injerto las zonas donde se ubicarán los pares de imanes conforme al modelo teórico [Figura 2]. Se realizan los orificios en el injerto, con una profundidad y un diámetro determinado y suficiente, de modo que puedan alojarse en su interior el par de microimanes sin que el original pierda material ni se dañe. Cada par se coloca en configuración opuesta [Figura 3] y, uno de ellos unido a la zona del injerto mediante una disolución de resina acrílica *Paraloid B72*® con acetona (50 % p/v). Para evitar la adhesión entre sí, cada par de microimanes se separa mediante film de polietileno [Figura 4 b-d, Figura 5 b].

2) Endurecida la resina de esta primera unión, se adhiere el otro microimán del par a la zona del original mediante la disolución de resina acrílica *Paraloid B72*® con acetona (50 % p/v), protegiéndose nuevamente los microimanes entre ellos con film de polietileno [Figura 4 e-f, Figura 5 c].

4) Finalmente, el injerto resulta fijado con precisión y unido reversiblemente [Figura 4 g, Figura 5 d-e]. Los dos pares de imanes, aunque unidos cada uno en la parte del original y en la parte del injerto, quedan albergados en la matriz del injerto lo que evita el perforado de la pieza original. Esta acción resulta totalmente respetuosa recuperándose la integridad volumétrica, formal y cromática [Figura 4 h, Figura 5 f-g].

Conclusiones

Este trabajo de intervención aborda el empleo de microimanes en los procesos de reintegración de volumen sobre dos retratos escultóricos de yeso. La incorporación de los injertos se fundamenta, por un lado, en evidencias materiales que sugieren un intento de recomposición por parte de Jacques Lipchitz y, por otro lado, la recuperación de la intencionalidad artística del retrato escultórico conforme al lenguaje escultórico del artista. Se muestra la metodología precisa y sistemática para la inserción de los injertos como método reversible y compatible con el original. Además, pone en valor la viabilidad de su aplicabilidad en el ámbito escultórico y ornamental dada la escasez de ejemplos. A pesar de ello, el modelo teórico configurado y su aplicación sobre los casos de estudio, pieza rCS y pieza rMK, ayudarán al restaurador en situaciones de casuística análoga. Los imanes S-02-01-N seleccionados conforme al modelo han mantenido los injertos unidos al original minimizando el campo magnético del sistema. La

metodología empleada no sólo garantiza la reversibilidad y el respeto a la integridad del original, sino que ilustra una casuística concreta con posibilidades para su transferencia a otros materiales (vidrio, hueso, cerámica) y a distintos contextos dentro de la conservación del patrimonio cultural, como la restauración de bienes arqueológicos o elementos arquitectónicos decorativos. El uso de injertos unidos mediante microimanes ha recuperado la continuidad formal y material de las piezas de un modo respetuoso e inocuo (sin perforación y retratable en cuanto a los materiales y los procesos desarrollados se refiere), aspectos destacados en los tratamientos de conservación y restauración actuales. En definitiva, este trabajo reivindica una metodología de actuación común y unificada para esta tipología de tratamientos mediante imanes en el ámbito escultórico y de las artes decorativas.

Agradecimientos

Los autores desean extender su más sincero agradecimiento a D. Manuel Muñoz y a Dña. Pilar Roig, Presidente y Vicepresidenta de la Real Academia de Bellas Artes de Valencia, por la confianza depositada en el equipo de investigación del Instituto de Restauración del Patrimonio de la Universitat Politècnica de València. Asimismo, expresan su gratitud hacia D. Kosme de Barañano por su inestimable contribución al facilitarnos acceso a una bibliografía especializada sobre el escultor y su colección. Finalmente, agradecen a Paula Wilches y a Carlota Torregrosa su disposición en esta experiencia de aprendizaje.

Notas

[1]. Magnetización de saturación por encima de 1,5 T con una alta estabilidad en presencia de campos magnéticos externos (coercitividad por encima de 7 T).

[2]. Dr. Jules C. Stein (1896-1981), fue físico, empresario y músico.

[3]. Jacob Merrill Kaplan (1891-1987), fue un importante empresario de agricultura de la Welch Grape Company de la National Grape Cooperative Association en Westfield de Nueva York.

[4]. Leyes de la estática forman la rama de la física que analiza los cuerpos en reposo.

Referencias

AENOR, Norma UNE EN 13279-1:2009. *Yesos de construcción y conglomerantes a base de yeso para la construcción. Parte 1: Definiciones y especificaciones*. Comité Técnico CTN 102 Yesos y productos de yeso.

AENOR, Norma UNE-EN 13279-2:2014. *Yesos de construcción y conglomerantes a base de yeso para la construcción. Parte 2: Métodos de ensayo*. Comité Técnico CTN 102 Yesos y productos de yeso.

AENOR, Norma UNE-EN 15802:2010. *Conservación del patrimonio cultural. Métodos de ensayo. Determinación del ángulo de contacto estático*. Comité Técnico CTN 41/SC 8 - Conservación, restauración y rehabilitación de edificios.

AENOR, Norma UNE-EN 1262:2004. *Agentes de superficie. Determinación del valor del pH en disoluciones o dispersiones*. Comité técnico AEN/CTN 55B. Madrid, España.

AENOR, Norma UNE EN 41810:2017. *Conservación del Patrimonio cultural. Criterios de intervención en materiales pétreos*. (Comité técnico CTN 41 Construcción), Punto 7. Fases de intervención, 7.7 Reintegraciones y sustituciones.

ABAD, V., SAGREDO, J. (2018). "Evolución y proceso de fabricación de imanes "NEO" aplicados a motores de vehículos eléctricos". En *Revista de Metalurgia* 54 (3): e127. <https://doi.org/10.3989/revmetalm.127>

ALCANTUD, A., N. DIDIER NIQUET, N., RODRÍGUEZ, M.A., MAS-BARBERÀ, X. (2018) "Optimización y aplicación de prótesis 3D mediante tecnologías físico-digitales como solución para la restauración de faltantes en escultura". En *Revista Anuario Tarea*, 5: 2108–2233.

ARNASON, H. H. (1972). *Jacques Lipchitz, My Life in Sculpture*, New York: Viking Press; Canada: Mcmillan Company.

ATENCIA CONDE-PUMPIDO, B. (2011). "Jacques Lipchitz y la creación de una escultura cubista verdadera". En *Baetica. Estudios de Arte, Geografía e Historia*, 33: 7-18. <https://doi.org/10.24310/BAETICA.2011.v0i33.108>

BARBLER, N., CACHIN, F., and GEORGE, G. (1977). *Lipchitz: 100 oeuvres nouvelles 1974-76*. Paris: Musée National d' Art Moderne, Centre National d'Art et de Culture Georges Pompidou.

CARRETTI, E., BONINI M., DEI, L., BERRIE, BH. (2010). "New frontiers in materials science for art conservation: responsive gels and beyond". En *Accounts of chemical Research* 43 (6):751-760. <https://doi.org/10.1021/ar900282h>

COEY, J.M.D. (1996). *Rare-earth Iron Permanent Magnets*, Oxford University Press. 542.

CONTRAFATTO, L., COSENZA, R. (2014). "Behaviour of post-installed adhesive anchors in natural Stone". En *Constr. Build. Mater.* 68: 355–369.

DE BARAÑANO, K. (2006). *Jacques Lipchitz. Interacción de formas*, Fundación BBK, Bilbao.

DE BARAÑANO, K. (2006). *Los Yesos de Jacques Lipchitz*. A Catalogue Raisonné, Fundazioa BBK.

DE BARAÑANO, K. (2010). *Jacques Lipchitz (1891-1973). Escultura y Dibujo*, Galería Oriol, Barcelona.

DE BARAÑANO, K. (2013). *L'arte di Gesso. La donazione Jacques Lipchitz*, Silvana Editoriale Spa, Cinisello Balsamo, Milano.

DIDIER N., SÁNCHEZ-LÓPEZ, M., MAS-BARBERÀ X. (2020). "Development of reversible intelligent prosthesis for the conservation of sculptures. A case study". En *Journal of Cultural Heritage* 43: 227-234. <https://doi.org/203/rs.3.rs-1986713/v1>

HOPE, H. R. (2017). *The Sculpture of Jacques Lipchitz by The Museum of Modern Art New York in collaboration with the Walker Art Center, Minneapolis; The Cleveland Museum of Art, 1954*. Museum of Modern Art: Distributed by Simon & Schuster.

ICOMOS-ISCS. (2011). *Illustrated Glossary on Stone Deterioration Patterns*.

IVORRA, S., GARCÍA-BARBA, J., MATEO, M., PÉREZ-CARRAMINANA, C., MACIÁ, A. (2013). "Partial collapse of a ventilated stone facade: diagnosis and analysis of the anchorage system". En *Eng. Fail. Analysis* 31: 290–301. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2013.01.045>

NORMA UNE EN 41810:2017 *Conservación del Patrimonio cultural. Criterios de intervención en materiales pétreos*. (Comité técnico CTN 41 Construcción), Punto 7. Fases de intervención, 7.7 Reintegraciones y sustituciones.

MATÍA, P.; BLANCH, E.; DE LA CUADRA, C.; DE ARRIBA, P.; DE LAS CASAS, J.; GUTIÉRREZ, J.L. (2009). *Procedimientos y materiales en la obra escultórica*, Akal.

MINISTERIO DE EDUCACIÓN, CULTURA Y DEPORTE (2013). *Proyecto COREMANS: Criterios de intervención en materiales pétreos* Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, Secretaría General Técnica, Subdirección General de Documentación y Publicación.

OSETE CORTINA, L., GARCÍA BELDA, T., GRAFIÁ SALES, J. V., MAS-BARBERÀ, X. (2024). "La colección de yesos del escultor Jacques Lipchitz donada a la Real Academia de Bellas Artes de San Carlos de Valencia. Estudios previos y estrategia de análisis". En *Revista Archivo de Arte Valenciano*: 263-278.

OSETE CORTINA, L., MAS-BARBERÀ, X. *Estudio y estrategia de tratamientos en la colección de yesos del escultor Jacques Lipchitz (Real Academia de Bellas Artes de San Carlos, Valencia)*. Parte 1. Dosificación y preparación de pastas de yeso (sf), Universitat Politècnica de València. Informe inédito.

PÜTZ, C. (2002). *The First Cubist Sculptor*. Lund Humphreys & Paul Holberton Publishing, Londres.

PÜTZ, C. (2005). *Los Yesos de Lipchitz en el IVAM. Trazando un mapa del laberinto*. Valencia, Generalitat Valenciana.

RAFTERY, G.M., WHENLAN, C. (2014). "Low-grade glued laminated timber beams reinforced using improved arrangements of bonded-in GFRP rods". En *Constr. Build. Mater.* 52: 209–220. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.11.044>

RILEM (1980). Ensayo de absorción de la gota Nº II. 8a. Recommended tests to measure the deterioration of stone and to assess the effectiveness of treatment methods. Commission 25-PEM: *Protection et Erosion des Monuments* 175-253.

RODRÍGUEZ, M.A. (2017). *Análisis De Sistemas Magnéticos Aplicados a Uniones De Fragmentos* [Tesis Doctoral], Universitat Politècnica de València.

RODRÍGUEZ, M.A., RUIZ-GÓMEZ, S., PÉREZ, L., MAS-BARBERÀ, X. (2018). "Use of magnets for reversible restoration in sculpture. The case of the "Virgen de los Desamparados" in Valencia (Spain)". En *Journal of cultural Heritage* 31: 215–219. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2018.01.005>

SALA-LUIS, A., BOSCH-ROIG, P., GARCÍA-PEÑA, M., MAS-BARBERÀ, X. (2024). "Man on horseback fighting bull (1932) del escultor Jacques Lipchitz. Casuística de biodeterioro y consideraciones preliminares". En *Revista Archivo de Arte Valenciano*: 279-292.

SANTOS, S. (2019). "La utilización de imanes en la recuperación de la estabilidad de dos tallas en madera, metodología y criterios". En *PH: Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico* 97:44-59. <https://doi.org/10.33349/2019.97.4150>

SPICER, G. (2016). "Ferrous attractions: the science behind the conservation use of rare-earth magnets". En *Journal of the American Institute for Conservation*: 96-116. <https://doi.org/10.1080/01971360.2016.1153819>

STERP MOGA, E., SÁNCHEZ ORTIZ, A. (2022). "Neodymium Magnets as a Minimal Intervention Alternative to Traditional Treatments for Fixing Paint on Contemporary Paintings". En *Journal of the American Institute* 61 (4): 275-83. <https://doi.org/10.1080/01971360.2021.1980696>

SUGIMOTO, S. (2011). "Current status and recent topics of rare-earth permanent magnets". En *J. Phys D. Appl. Phys.* 44. <https://doi.org/10.1088/0022-3727/44/6/064001>

SZOZDA, Z., ZUREK, S. (2024). "Magnets in Conservation of Easel Paintings: Mechanical Forces between Magnets and a Thin Paint Layer". En *Studies in Conservation*. <https://doi.org/10.1080/00393630.2024.2429342>

TEIXEIRA, J. (2024). El uso de hojas magnéticas en el tratamiento vertical de deformaciones puntuales de los soportes textiles de pinturas contemporáneas. *Ge-Conservación*, 26(1): 148-160. <https://doi.org/10.37558/gec.v26i1.1234>

TIPLER, P. A. (1992). *Física*. Tomo I. 3a. ed. Barcelona: Reverté.

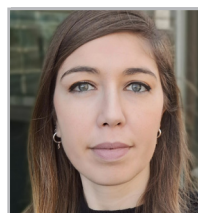
VVAA. (2015). *Jacques Lipchitz in München und Florenz. Bildhauerzeichnungen 1910-1972*, edición Giunti Editori Florencia.

WILKINSON, A. (2000). *The Sculpture of Jacques Lipchitz -A catalogue Raisonné, Volume One - The Paris Years 1910-1940, Volume Two - The American Years 1941-1973*. London and New York: Thames and Hudson.

WILKINSON, A. (1998). *Lipchitz dans les Jardins du Palais Royal*, París, France: Les Jardins du Palais Royal.

YVARS, J. E. and YBARRA, L. (1997). *Cartas a Lipchitz y algunos inéditos del artista*. Madrid: Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía.

Autor/es



M. Azahara Rodríguez

merodrod@alumni.upv.es

Instituto Universitario de Investigación del Patrimonio. Universitat Politècnica de València

<https://orcid.org/0000-0002-6318-8069>

Licenciada en Bellas Artes y graduada en Conservación y Restauración del Patrimonio Cultural ambas por la UCM y doctora en ciencia y restauración del patrimonio histórico artístico por la UPV. Es técnico superior de investigación del Instituto de Restauración del Patrimonio de la UPV desde 2021 desarrollando sus líneas de investigación en la aplicación de las nuevas tecnologías a la restauración del patrimonio cultural y búsqueda de soluciones poco invasivas y reversibles. Ha impartido diferentes cursos sobre la realización de reproducciones y copias. Posee publicaciones en diversas revistas especializadas, tanto nacionales como internacionales y ha participado en encuentros y congresos específicos publicando en las actas también.



Laura Osete Cortina

losete@rcbc.upv.es

Facultad de Bellas Artes. Universitat Politècnica de València

<https://orcid.org/0000-0003-0709-5885>

Doctora en Química por la Universitat de València. Es profesora asociada en la UPV desde 2017 y, actualmente, investigadora en la Universidad de Innsbruck (Austria). Especialista en análisis físico-químico de materiales del patrimonio, ha desarrollado estrategias analíticas multitécnica aplicadas a más de 350 estudios técnico-científicos para instituciones nacionales e internacionales, estudios de arquitectura y empresas del sector. Entre 2006 y 2009 trabajó como responsable de laboratorio en CLAR Rehabilitación (área de Levante), realizando análisis de materiales, seguimiento técnico de intervenciones y asesoría a instituciones. Ha participado en 14 proyectos de I+D y es autora de más de 50 publicaciones en revistas científicas de alto impacto. Ha dirigido numerosos trabajos académicos, algunos reconocidos con premios de investigación. Su labor docente destaca por la innovación metodológica, reconocida con varios galardones institucionales. Es evaluadora en revistas científicas especializadas, tanto en el ámbito químico como en el de la conservación-restauración.



Xavier Mas-Barberà

jamabar@upvnet.upv.es

Facultad de Bellas Artes. Universitat Politècnica de València

<https://orcid.org/0000-0001-6654-624X>

Profesor Catedrático de Universidad en el Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales de la Facultad de Bellas Artes de la Universitat Politècnica de València (UPV). Investigador miembro del Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio (IRP) de la UPV, en el Laboratorio de C+R de Escultura

y elementos Ornamentales. Participa en diversos contratos y proyectos de I+D+i y dirige diferentes proyectos de investigación desarrollando nuevas metodologías basadas en la aplicación de materiales y técnicas en los procesos de tratamiento y reproducción de obras de arte. La relevancia de estos trabajos queda patente en diversas publicaciones en revistas nacionales e internacionales, actas de congresos especializados y contribuciones a libros. Asimismo, ha desarrollado una notable actividad de transferencia de tecnología con diferentes empresas, así como con administraciones públicas con un doble propósito, i) el análisis de la obra de arte, su diagnóstico y tratamientos de conservación curativa; y, ii) el diseño de soluciones tecnológicas para el tratamiento de restauración de materiales porosos inorgánicos del Patrimonio Cultural.

Artículo enviado 31/03/2025
Artículo aceptado el 03/10/2025



<https://doi.org/10.37558/gec.v28i1.1375>