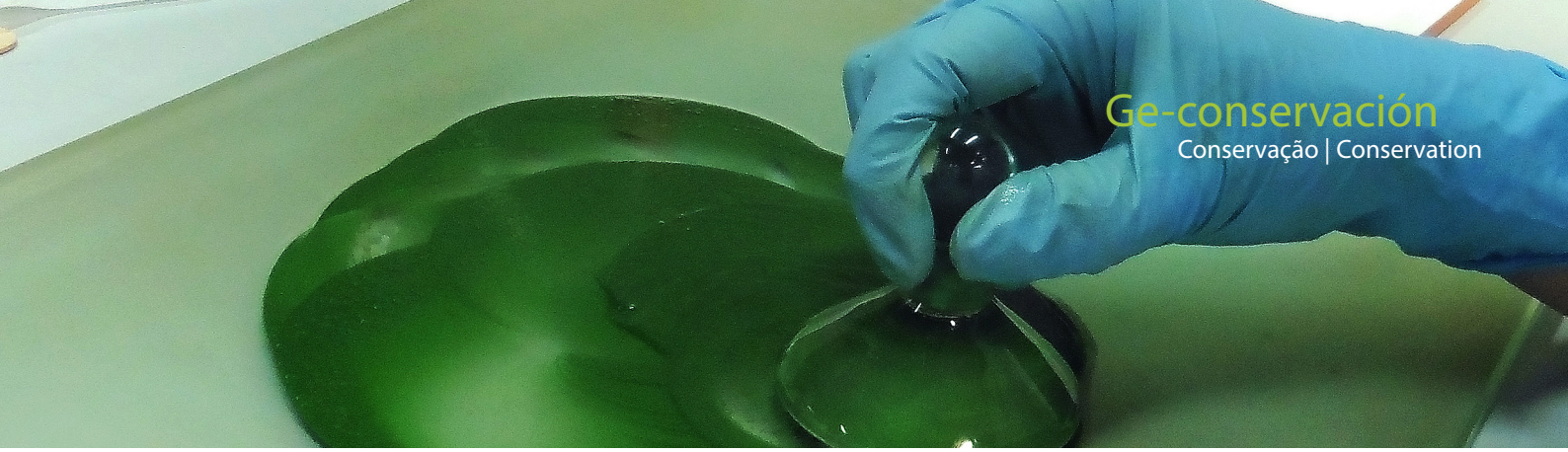


Viabilidad de la elaboración propia de colores al barniz para reintegración cromática a través de la experimentación

Beatriz Doménech-García, Vicente Guerola-Blay, María Castell-Agustí, Antoni Colomina-Subiela

Resumen: El presente artículo investiga la viabilidad de la fabricación propia de pinturas no acuosas para la reintegración cromática. Esta práctica artesanal, realizada históricamente por artistas y cada vez más adoptada por restauradores, responde tanto a problemas de estabilidad, acabado y conservación de las pinturas comerciales especializadas, como a la necesidad de reducir costes en los procesos de restauración. Teniendo en cuenta las aparentes ventajas de los colores de elaboración manual, se ha llevado a cabo un estudio experimental mediante la elaboración y análisis de ensayos de laboratorio con diferentes combinaciones de pigmentos y barnices. A través de pruebas de envejecimiento acelerado, observación microscópica y análisis colorimétricos, se ha evaluado la cohesión, homogeneidad y estabilidad de las mezclas. Los resultados indican que la viabilidad de esta práctica depende en gran medida de la naturaleza de los materiales y de su correcta formulación, concluyendo que, bajo ciertas condiciones, podrían permitir su consideración para aplicaciones en contextos profesionales de restauración con la posibilidad de optimizar sus propiedades.

Palabras clave: reintegración al barniz, reintegración cromática, testado de pinturas, elaboración de pinturas, materiales alternativos

Feasibility of handmade varnish colours for chromatic reintegration through experimentation

Abstract: This article investigates the feasibility of self-manufacturing non-aqueous paints for chromatic reintegration. This artisanal practice, historically carried out by artists and increasingly adopted by restorers, responds both to problems of stability, finish and conservation of specialised commercial paints, and to the need to reduce costs in restoration processes. Taking into account the apparent advantages of handmade colours, an experimental study has been carried out through the elaboration and analysis of laboratory tests with different combinations of pigments and varnishes. Through accelerated ageing tests, microscopic observation and colorimetric analysis, the cohesion, homogeneity and stability of the mixtures have been evaluated. The results indicate that the viability of this practice depends largely on the nature of the materials and their correct formulation, concluding that, under certain conditions, they could be considered for applications in professional restoration contexts with the possibility of optimizing their properties.

Keywords: varnish reintegration, inpainting-retouching, testing of paints, paint manufacturing, alternative materials

Viabilidade da elaboração própria de cores ao verniz para reintegração cromática através da experimentação

Resumo: O presente artigo investiga a viabilidade da produção própria de tintas não aquosas para a reintegração cromática. Esta prática artesanal, historicamente realizada por artistas e cada vez mais adotada por conservadores-restauradores, surge tanto como resposta a problemas de estabilidade, acabamento e conservação das tintas comerciais especializadas, como à necessidade de reduzir custos nos processos de restauro. Tendo em conta as aparentes vantagens das cores de elaboração manual, foi realizado um estudo experimental através da preparação e análise de ensaios laboratoriais com diferentes combinações de pigmentos e vernizes. Por meio de testes de envelhecimento acelerado, observação microscópica e análises colorimétricas, avaliaram-se a coesão, homogeneidade e estabilidade das misturas. Os resultados indicam que a viabilidade desta prática depende em grande medida da natureza dos materiais e da sua correta formulação, concluindo que, sob determinadas condições, poderá ser considerada para aplicações em contextos profissionais de restauro, com possibilidade de otimizar as suas propriedades.

Palavras-chave: reintegração ao verniz, reintegração cromática, testagem de tintas, elaboração de tintas, materiais alternativos

Introducción

La elaboración de pinturas de forma manual ha sido una práctica común en el ámbito artístico debido a la falta de recursos mecanizados. Con el desarrollo de la actividad industrial entre mediados del siglo XIX y principios del XX, se empezaron a producir las primeras pinturas artísticas comerciales, encontrando ya a finales del siglo XX colores distribuidos específicamente para la reintegración cromática (Bailão 2015; Gamblin 2021).

Actualmente, el mercado ofrece una amplia variedad de pinturas comerciales de alta calidad para la reintegración no acuosa (Bailão y Cardeira, 2018), aunque su uso puede presentar inconvenientes para los restauradores. Si bien diversos estudios han demostrado la estabilidad de estas pinturas comerciales (Sánchez Ortiz *et al.* 2009), la experiencia práctica y otras investigaciones han puesto de manifiesto ciertas complicaciones derivadas de su uso en restauración. Entre ellas, destacan alteraciones cromáticas tras la aplicación del barniz final (De la Roja 2013) y problemas de integración en el acabado de los retoques. En este sentido, a menudo, tras la evaporación de los disolventes, las reintegraciones al barniz realizadas con pinturas comerciales no se ajustan adecuadamente a la superficie barnizada de la obra, presentando acabados inconsistentes (brillante, satinado o mate). Esta problemática está condicionada por los materiales que constituyen las propias pinturas de retoque y por los disolventes necesarios para su aplicación. En algunos casos, estos disolventes pueden diluir parcialmente la capa de barniz aplicada previamente sobre las reintegraciones acuosas, destinada a protegerlas y a regular su saturación antes de la aplicación de retoques no acuosos, lo que dificulta la correcta integración cromática de estos últimos. (Van den Burg y Seymour 2022).

Otro desafío importante es el almacenamiento y conservación que presentan estas pinturas comerciales, ya que las cantidades requeridas son pequeñas y los envases suelen almacenarse durante largos periodos. En pinturas comercializadas en formato húmedo, la lenta evaporación de los disolventes – incluso en envases especialmente diseñados para minimizarla – provoca el secado progresivo del producto. Aunque es posible regenerarlas, el endurecimiento del material dificulta su aplicación y obliga, en muchos casos, a recurrir a disolventes de mayor poder disolvente, lo que conlleva el desperdicio de materiales y recursos económicos.

Como alternativa para disponer de colores más económicos y adaptados a las necesidades específicas de ajuste cromático y control de la saturación, en las últimas décadas ha aumentado la popularidad de la elaboración propia de pinturas al barniz para reintegración pictórica mezclando pigmentos en polvo y barnices preparados con resinas, retomando así los métodos tradicionales. Este procedimiento queda reflejado no sólo en pequeños talleres de conservadores-restauradores particulares, sino que, en la actualidad, forma parte también de la práctica de instituciones de gran prestigio como el Museo Thyssen de Madrid (Restauración Thyssen 2021).

El creciente interés en esta técnica ha impulsado investigaciones basadas en los estudios pioneros de E. René de la Rie sobre la estabilidad de las resinas para barnices en conservación-restauración (De la Rie y McGlinchey 1990). Estos trabajos han servido como base para analizar barnices como aglutinantes de pigmentos en pinturas para retoques pictóricos. Cabe mencionar que, en materia de reintegración, los estudios de E. René de la Rie culminaron con el análisis del uso de barnices como aglutinantes para colores de reintegración, dando como resultado la creación de las pinturas comerciales conocidas como Gamblin® *Conservation Colors*, cuyo aglutinante es la resina Laropal® A-81 (Leonard *et al.* 2000).

A partir del siglo XXI, se han multiplicado los estudios sobre pinturas elaboradas artesanalmente, evaluando su envejecimiento, reversibilidad y estabilidad, así como su aplicabilidad práctica (Gosar-Hirci y Močnik-Ramovš 2016). Algunos autores justifican la fabricación propia de pinturas por el mayor control sobre la calidad de los materiales y las cantidades empleadas, la reducción de costes y la obtención de productos de calidad superior a los comerciales (Bestetti y Saccani 2015), aunque sin aportar datos que prueben este último punto más allá que el propio proceso de elaboración artesanal de los colores. Una de las investigaciones más recientes en relación a esta temática amplía los estudios realizados hasta el momento y toma en consideración, también, otros aspectos como la cantidad de pigmento que debe contener la mezcla de las pinturas para conseguir un acabado lo más similar posible al de la película pictórica original (Jacqmin y Soldano 2020).

Así, tanto estas investigaciones como el uso de colores al barniz elaborados por el propio restaurador han crecido en popularidad por ser, aparentemente, una alternativa óptima frente a las pinturas comerciales, resultando más versátiles y económicas. Pero, este tipo de pinturas de fabricación propia ¿son una alternativa real que ofrezca y asegure unos buenos resultados con unos mínimos estándares de calidad? ¿Están al alcance de cualquier restaurador para ser elaboradas correctamente y así poder ser aplicadas en obra real?

Objetivos

El presente estudio tiene como objetivo principal el análisis del comportamiento de los materiales constituyentes de las pinturas al barniz de fabricación manual destinadas a la reintegración cromática. Mediante un procedimiento experimental, se persigue conocer la estabilidad de estas pinturas y si, por tanto, son resistentes a la fotooxidación y el envejecimiento de los componentes que forman este tipo de colores, cualidades exigibles a los materiales

empleados en el ámbito de la conservación de bienes culturales.

Estos análisis se centran especialmente en evaluar cómo afecta el paso del tiempo a la estabilidad de las pinturas aglutinadas, considerando tanto el comportamiento de los pigmentos, como el de los aglutinantes y su interacción. De esta forma, se pretende conocer si es posible obtener colores de retoque al barniz que presenten propiedades óptimas para ser aplicados en obra real y que, a la vez, resulten asequibles para los talleres restauración.

Esta finalidad principal se alcanza a través de objetivos específicos:

Evaluar la capacidad aglutinante de los barnices preparados sin aditivos, testando la facultad de englobar correctamente las partículas de los pigmentos empleados dando lugar a películas homogéneas.

Analizar la estabilidad ante la exposición a la luz por medio de pruebas de envejecimiento artificial acelerado de los materiales que componen las pinturas de fabricación propia. Se ha realizado un estudio tanto a nivel morfológico, considerando los principales aspectos evaluados: uniformidad, integridad de la película formada y posibles cambios en la superficie o textura, como a nivel cromático.

Metodología

— Equipos y procedimientos utilizados

Los objetivos de esta fase experimental se alcanzan mediante una estrategia metodológica basada principalmente en la elaboración y análisis de probetas con pinturas de fabricación manual a partir de mezclas de barnices y pigmentos en polvo. Dicha experimentación se desarrolla en diversas fases:

1 Selección de los materiales y elaboración de las pinturas artesanales.

2 Realización de probetas, constituidas por un soporte inerte (azulejo de esmalte blanco) sobre el que se aplica una película de las diversas pinturas artesanales preparadas.

3 Exposición de las probetas a envejecimiento acelerado artificial para comprobar la estabilidad de las mezclas fabricadas manualmente. Para ello, las probetas preparadas se han sometido a envejecimiento acelerado artificial utilizando la cámara de envejecimiento por exposición a la radiación UV QUV-BASIC de Q-PANEL, ubicada en el Laboratorio de Estudios Físico-Químicos del Instituto de Restauración del Patrimonio de la Universitat Politècnica de València (IRP-UPV). Este equipo de ensayo acelera los procesos fotodegradativos a partir de la simulación de diferentes exposiciones, permitiendo evaluar la resistencia de los materiales. Así, en la presente fase experimental, los ensayos preparados han sido expuestos al espectro de radiación solar con lámparas UVA-340 nm. durante 1000 horas.

4 Observación de las probetas bajo microscopio digital Dino-Lite Premier modelo AM4113 T-TVW(R4), tanto envejecidas como sin envejecer, con el fin de poder trazar una relación comparativa entre ellas. Este análisis permitirá comprobar si se obtienen mezclas homogéneas o si sufren cambios morfológicos determinados por una excesiva degradación a medida que envejecen.

5 Mediciones colorimétricas de las piezas de ensayo, tanto envejecidas como sin envejecer, para evaluar los cambios cromáticos que pueden producirse por el proceso de envejecimiento de los materiales. La *Commission Internationale de l'Eclairage* (CIE) precisó varios espacios de color mediante los que comunicar y expresar objetivamente los colores de la materia, entre los que destaca el CIE L*a*b* (1976), resultando ampliamente utilizado por los investigadores (Konica Minolta 2020). El espacio de color L*a*b* (CIELAB), a través del uso de colorímetros o espectrofotómetros, permite evaluar objetivamente los colores con tres coordenadas: L* (luminosidad), a* (rojo/verde) y b* (amarillo/azul) (Bersezio et al. 2013). Así, las mediciones colorimétricas efectuadas para el presente estudio se han realizado con el espectrofotómetro Minolta mod. CM-2600d siguiendo la norma UNE-EN 15886:2011 (AENOR, 2011) y empleando el iluminante D65 con el observador a 10º. De esta forma, se ha registrado el valor del color y de sus variaciones, pudiendo representarse en un diagrama tridimensional con las coordenadas L*, a*, b*. Con el fin de reducir el rango de error, se han realizado tres mediciones por pieza en un total de 112 probetas. Los datos obtenidos han sido analizados con el *software* SpectraMagicTM NX Pro y se han comparado con los valores colorimétricos de las probetas originales sin envejecer. Tomando como referencia la norma UNE-EN 15886:2011, esta cuantificación del color se ha obtenido a través de la fórmula $\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})}$ en la que $\Delta L^* = L^*2 - L^*1$ (diferencia de luminosidad), $\Delta a^* = a^*2 - a^*1$ (diferencia rojo/verde) y $\Delta b^* = b^*2 - b^*1$ (diferencia amarillo/azul). Para calcular la diferencia total de color en las pinturas, se han promediado las mediciones realizadas en diferentes puntos de cada probeta, lo que permite reducir la variabilidad de los resultados y obtener una estimación más representativa del color de cada pintura. Además, se han comparado los promedios de los ensayos sin envejecer y envejecidos, calculado la variación de color en L*, a*, b*.

6 Análisis e interpretación de los resultados.

— Materiales y elaboración de probetas

Se ha planteado la realización de una batería de probetas en las que se investigue, tanto el proceso de elaboración manual de pinturas para la fase de reintegración no acuosa, como los materiales que las componen. Dicha experimentación se ha llevado a término en las instalaciones del Instituto de Restauración del Patrimonio de la Universitat Politècnica de València (IRP-UPV).

Para la realización de las probetas de ensayo, se necesita un soporte inerte y estable que no interfiera ni altere los resultados del estrato filmógeno aplicado (Motta, 2004). Por este motivo, se ha optado por la utilización de azulejos de esmalte blanco con micro-textura y acabado satinado. Respecto a las medidas de estos soportes, tomando como referencia la norma UNE-EN ISO 15110:2018 (AENOR, 2018), se ha optado por formatos de 10 x 10 cm (100 cm^2).

En relación a los pigmentos, se han seleccionado siete de la marca Kremer® que permiten obtener una amplia gama cromática mediante su mezcla. La elección de los pigmentos de esta marca se ha basado en los estándares de alta calidad que ofrecen para las disciplinas de conservación y restauración (Kremer Pigmente 2021a) [Tabla 1].

Color	Nombre comercial	Índice de color	Nº de referencia Kremer®	Tamaño medio de las partículas	Naturaleza del producto
	Blanco de Titanio	PW6 CI 77891	K46200	0,5 µm	sintético
	Negro marfil	PBK9 CI 77267	K47200	10 µm	natural
	Amarillo de Cadmio nº6	PY35 CI 77205	K21040	0,5 µm	sintético
	Rojo de Cadmio nº2	PR108 CI 77202 / 77196	K21130	0,5 µm	sintético
	Azul Ultramar Standard	PB29 CI 77007	K45010	0,85 µm	sintético
	Verde óxido de Cromo	PG17 CI 77288	K44200	0,3 µm	sintético
	Sombra natural	PBR8 CI 77727	K40610	30-40 µm	natural

Tabla 1.- Datos de los pigmentos utilizados para la elaboración de las probetas de ensayo para la fase experimental.

Para el desarrollo del presente apartado experimental, los barnices han servido como aglutinante para los pigmentos de las pinturas de elaboración propia, lo cual ha permitido la formación de películas filmógenas (Borgioli y Cremonesi 2014). Estas últimas presentan buena cohesión entre las partículas de los pigmentos y muestran una firme adherencia al soporte.

El volumen de los barnices ha sido medido en peso, utilizando una balanza de precisión. Se han seleccionado una serie de resinas, naturales – dammar y almáciga – y sintéticas – Regalrez® 1094 (Del Grosso *et al.* 2021), Laropal® A-81 y Paraloid® B-72 – ampliamente utilizadas en la disciplina de la conservación-restauración y que han sido adquiridas, junto con los disolventes para su disolución, a la empresa CTS® España [Tabla 2].

Del mismo modo, es necesario señalar que no se han añadido aditivos a los barnices elaborados, como estabilizantes de la luz o plastificantes, ya que la presente experimentación persigue analizar exclusivamente la compatibilidad de los materiales empleados, su grado de cohesión, así como su estabilidad ante el envejecimiento artificial acelerado.

Respecto a la cantidad de probetas preparadas, tomando como referencia las directrices especificadas en la norma UNE-EN ISO 16474-1:2014 (AENOR; 2014), se han elaborado un total de tres ensayos por cada material, resultando así tres para cada tipo de mezcla de barniz más pigmento. De esta forma, se reduce el rango de error en la obtención de resultados. Igualmente, se han preparado también modelos de probeta patrón como referente de cada tipo de los colores al barniz con el fin de realizar una comparativa posterior a la exposición a envejecimiento acelerado.

Previamente a la aplicación de las mezclas de barnices con pigmentos, se ha efectuado una limpieza y desengrasado de la superficie de los azulejos con etanol aplicado con una muñequilla de tela 100% poliéster. Este proceso ha permitido eliminar los restos de grasa, impurezas y polvo presentes en el área esmaltada de las piezas cerámicas, evitando así la contaminación de las películas filmógenas objeto de estudio.

La preparación de estas piezas de ensayo se ha iniciado con la moltura de los pigmentos en polvo en los respectivos barnices. Los pigmentos son pequeñas partículas que necesitan ser completamente humectadas por el aglutinante

Resina	Nombre	Tipología de resina	Características técnicas	Disolvente empleado	Proporción
	Dammar	Resina natural	Buena reversibilidad. Escasa sensibilidad a la humedad. Buena estabilidad a la luz. Se ablanda a los 120ºC. Transición vítrea a los 72ºC.	White Spirit D40	20%
	Almáciga	Resina natural	Buena transparencia y brillo. Se ablanda a los 80ºc y funde entre los 105ºC y los 120ºC. Transición vítrea a los 30-39ºC.	White Spirit D40	20%
	Regalrez® 1094	Resina sintética de hidrocarburo hidrogenado	Resistencia al envejecimiento. Buena reversibilidad. Se ablanda a los 97ºC. Transición vítrea a los 33ºC	Mostanol + White Spirit D40 (1:1)	20%
	Laropal® A-81	Resina sintética urea-aldehído	Resistencia al envejecimiento. Óptimo poder nivelante. Elevada brillantez. Se ablanda a los 80-95ºC. Transición vítrea a los 49ºC.	Mostanol + White Spirit D40 (1:1)	20%
	Paraloid® B-72	Resina sintética acrílica	Óptimas características de dureza, brillo y adhesión. Se ablanda a los 60-65ºC. Transición vítrea a los 40ºC.	Acetato de etilo	7%

Tabla 2.- Especificaciones técnicas de las resinas, disolventes y proporciones utilizadas para la elaboración de los barnices para las probetas de ensayo para la fase experimental. Fuente: Elaboración propia a partir de las especificaciones técnicas y fichas de seguridad de los fabricantes suministradas por CTS S.L.

para conseguir la correcta estabilidad de la pintura. Para ello, deben ser molidos cuidadosa y meticulosamente con el fin de formar una pasta homogénea y sin grumos (Kremer Pigmente 2021b). Secco-Suardo indicó en uno de sus escritos el procedimiento óptimo de moler los pigmentos. Para ello, especificó que la mejor manera de efectuar este proceso era a la forma antigua por medio de una mesa de pórfido o cristal y una moleta del mismo material (Secco-Suardo 2010).

Siguiendo estas indicaciones, la preparación de las pinturas se ha realizado en una placa de vidrio esmerilado y una moleta del mismo material, realizando movimientos circulares durante varios minutos para asegurar la fricción entre las herramientas empleadas, consiguiendo de este modo la correcta moltura y afinamiento de las partículas de los pigmentos, así como el englobe de las mismas con el medio, en este caso los barnices [Figura 1]. Tras este proceso, los colores al barniz elaborados se han aplicado sobre los azulejos con una brocha de cerdas suaves [Figura 2]. Cabe tener en consideración que los colores se aplican sobre superficies relativamente grandes en comparación a cómo se emplean en la reintegración de lagunas pictóricas, en las que, además, se utilizan pequeñas cantidades de pintura. Debido a ello, algunos de los problemas derivados de esta metodología de aplicación y uso, podrían no verse reflejados en las prácticas comunes de reintegración.

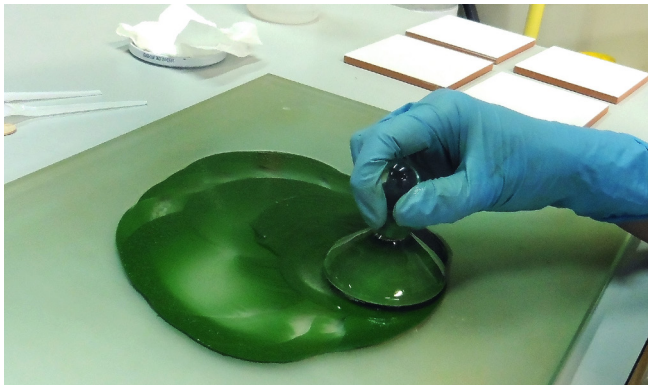


Figura 1.- Detalle del proceso de molturado y englobe del pigmento verde óxido de cromo con el barniz preparado con la resina sintética Regalrez® 1094.

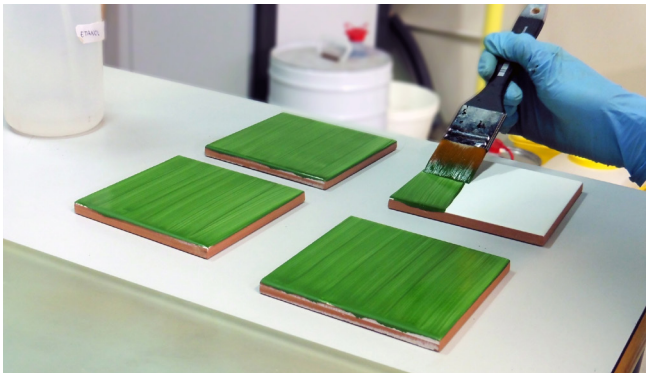


Figura 2.- Detalle del proceso de aplicación sobre los azulejos de la pintura elaborada con el pigmento verde óxido de cromo y el barniz de resina sintética Regalrez® 1094.

Cabe mencionar que, aunque autores como Pacheco (1990) y Nicolaus (1999) describen procesos de molienda de los pigmentos —ya sea una molienda previa en agua para determinados colores o la molienda definitiva en el aglutinante oleoso para todos ellos—, para esta experimentación se ha descartado cualquier manipulación previa de molienda con líquidos. Se ha optado por mantener los pigmentos en estado seco, tal como se reciben del proveedor, con el fin de asegurar que las proporciones y las propiedades reológicas de las mezclas sean estrictamente reproducibles y comparables entre ensayos, evitando variables introducidas por procesos de molienda manual.

En referencia a la proporción de pigmento y de barniz, Secco-Suardo especificó que se debía añadir tanto barniz como fluidez se desease que tuviese la pintura (Secco-Suardo 2010). No obstante, actualmente existen parámetros que ayudan a conocer las proporciones indicadas de cada componente para obtener películas de pintura coherentes y con unas buenas propiedades adherentes, como la *Pigment Volume Concentration* (PVC) y la *Critical Pigment Volume Concentration* (CPVC).

La PVC describe el volumen del pigmento en una película pictórica, es decir, concreta qué cantidad del volumen de una capa de pintura está formada por pigmento en relación a la cantidad de aglutinante o medio que contiene. Se calcula a través de la fórmula PVC=(V pigmento)/((V pigmento+V aglutinante))*100 (PPG Paints, 2019).

La PVC está relacionada con el acabado mate o brillante de una pintura. Así, este parámetro especifica que un porcentaje más alto de PVC, es decir, mayor volumen de pigmento, dará lugar a una pintura de acabado más mate; mientras que, por el contrario, un porcentaje menor de PVC formará una pintura con un acabado más brillante (PPG Paints, 2019) [Tabla 3].

Tipo de acabado	Rango PVC
Brillante	0-15%
Semibrillante	15-25%
Satinado	30-40%
Eggshell	35-45%
Mate	40-80%

Tabla 3.- Rango de valores según el acabado de la pintura.

Es importante indicar que, a medida que el valor en porcentaje de la PVC aumenta, se incrementa la densidad y la cobertura de la pintura, sin embargo, empeoran las propiedades de durabilidad y resistencia, obteniendo así capas de pintura más frágiles (PPG Paints 2019).

Por su parte, la CPVC es la relación óptima entre el aglutinante y el pigmento, es decir, cuando éste último se encuentra en su máxima carga y los huecos generados entre sus partículas se presentan completamente rellenados de medio. Por lo general, el rango indicado de CPVC oscila entre el 30% y el 60%, pudiendo ajustarse según el acabado de la pintura que se precise (Carnazza *et al.* 2020).

Cabe mencionar también la absorción de aceite (*Oil Absorption Value*, OAV), que es un parámetro fundamental en la caracterización de pigmentos, pues mide la cantidad de aceite necesaria para formar una pasta homogénea. Depende de variables como el tamaño de la partícula, la superficie específica y la composición química, lo que explica la gran variabilidad entre pigmentos. Así, mientras el blanco de titanio (PW6) presenta valores bajos (15–20 g/100 g), el negro marfil (PBK9) puede alcanzar cifras muy superiores (70–80 g/100 g). Estas diferencias repercuten directamente en la concentración crítica de pigmento en volumen (CPVC) y en las propiedades ópticas y mecánicas de la pintura. En términos de acabado, los pigmentos con alta absorción tienden a producir superficies más mates, mientras que los de baja absorción favorecen acabados brillantes. Además, un OAV elevado incrementa la densidad de la mezcla y dificulta su extensión uniforme, por lo que resulta imprescindible ajustar la cantidad de aglutinante para evitar defectos como grietas, garantizar la cohesión entre pigmento y aglutinante, así como la durabilidad de la película pictórica (Glancy 2012; Sands 2016).

De esta forma, las mezclas para la elaboración manual de pinturas al barniz se han formulado ajustando la proporción de aglutinante para cada pigmento según su capacidad de absorción específica. En concreto, las cantidades exactas de pigmento y resina empleadas en esta experimentación se han calculado para alcanzar los valores de PVC detallados en la Tabla 4, asegurando así una saturación óptima y una consistencia trabajable en todos los casos. Si bien el OAV se determina tradicionalmente con aceite de linaza, se ha empleado en este estudio como un indicador de la demanda crítica de aglutinante de cada pigmento. Este valor de referencia ha permitido calcular las proporciones volumétricas necesarias para la preparación de las pinturas al barniz, garantizando que cada mezcla alcance una saturación y cohesión equivalentes, independientemente del índice de refracción o la viscosidad específica del barniz empleado.

Pigmento	PVC	Absorción de aceite
Blanco de Titanio PW6 CI 77891	40%	15-20g/100g
Negro marfil PBK9 CI 77267	45%	70-80 g/100g
Amarillo de Cadmio nº6 PY35 CI 77205	40%	21 g/100g
Rojo de Cadmio nº2 PR108 CI 77202 / 77196	40%	16-23 g/100g
Azul Ultramar Standard PB29 CI 77007	45%	38-43 g/100g
Verde óxido de Cromo PG17 CI 77288	40%	15-25 g/100g
Sombra natural PBR8 CI 77727	45%	35-50 g/100g

Tabla 4.- Valores de porcentaje de concentración de pigmento en volumen (PVC) y de absorción de aceite (OAV, referidos al aceite de linaza) de los pigmentos empleados, utilizados como referencia en la elaboración de las pinturas de este estudio (Sands 2016).

— Complicaciones surgidas durante la elaboración de las pinturas al barniz

Durante el proceso de moltura y englobe de los pigmentos con los barnices se han producido algunas contrariedades que precisan ser mencionadas:

- Aunque el uso de Regalrez® 1094 en solución de White Spirit D40 como medio para la elaboración de colores al barniz ha permitido crear películas de pintura, ha presentado mayores dificultades para englobar correctamente las partículas de pigmento, dando la impresión de quedarse en suspensión en el medio.

- Durante el proceso de englobe de los pigmentos en polvo con el barniz de Laropal® A-81, no se ha logrado una integración satisfactoria de los componentes, lo que ha resultado una mezcla que se extiende con dificultad sobre los azulejos, sin llegar a conformar películas pictóricas. Se han probado diferentes disolventes para la preparación del barniz – como *White Spirit* D40, isopropanol, acetona y etil lactato – pero todos han dado lugar a resultados negativos. Cabe señalar que existen formulaciones comerciales que emplean esta resina como aglutinante (por ejemplo, en preparados de Kremer® Pigmente o en colores Gamblin®), lo que sugiere que la dificultad observada en este estudio podría deberse a la ausencia de aditivos o a condiciones de preparación diferentes. No obstante, dado que en las pruebas realizadas se han obtenido resultados negativos en la preparación de pinturas con Laropal® A-81, se ha optado por descartar su uso en el presente trabajo. Por ello, más que una incompatibilidad entre materiales, los resultados aquí obtenidos deben entenderse como una limitación práctica en el marco de la experimentación realizada.

Resultados y discusión

Los barnices, con el tiempo, sufren un proceso de fotooxidación provocado por su constante contacto con el oxígeno del aire, siendo las radiaciones ultravioleta (UV) catalizadoras de dicha reacción. Esta exposición a los rayos UV acaba generando el cuarteamiento, oscurecimiento, resecado y la pérdida de transparencia y de solubilidad en los disolventes no polares, volviéndose así amarillentos (De la Rie 1994).

Los estudios centrados en el envejecimiento de las resinas que forman los barnices para conservación-restauración han sido desarrollados de forma extensa

en las últimas décadas (De la Rie y McGlinchey 1990). Igualmente, con la entrada del siglo XXI y la búsqueda de materiales alternativos para las fases de reintegración, se empezaron a desarrollar también investigaciones sobre el envejecimiento de pinturas elaboradas con resinas sintéticas (Bestetti y Saccani 2015).

En este contexto, y tras el proceso de envejecimiento acelerado artificial aplicado en esta investigación, las probetas de ensayo han sido sometidas a estudios de observación bajo microscopio y de cuantificación de las variaciones de color (ΔE*). Para ello, se han tomado como referencia las probetas patrón y se ha llevado a cabo un análisis comparativo entre las características observadas en estas probetas patrón y las que se observan en las mismas después del envejecimiento, examinando la cohesión, uniformidad y resistencia al envejecimiento de las películas pictóricas formadas y cuyos resultados se exponen en los siguientes apartados.

— *Observación bajo microscopio*

Se ha procedido a la inspección microscópica de las pinturas al barniz elaboradas manualmente, tanto en las muestras sin envejecer como en las envejecidas artificialmente. De manera preliminar, las observaciones revelan un patrón de comportamiento estrechamente vinculado a las propiedades físicas de los pigmentos, independientemente del aglutinante empleado. Como sugieren los datos de la Tabla 4, existe una correlación directa entre los altos valores de OAV y la falta de estabilidad mecánica en las películas, siendo el negro marfil y la sombra natural los que presentan mayores deficiencias de cohesión de forma sistemática en todos los medios ensayados. A continuación, se detallan los resultados específicos obtenidos para cada tipo de resina.

Los colores preparados con la resina natural almáciga como medio, han mostrado resultados positivos en términos de cohesión, especialmente con el empleo de los pigmentos blanco de titanio [Figura 3], amarillo de cadmio nº6 y rojo de cadmio nº2. Estas mezclas, tanto envejecidas artificialmente como sin envejecer, presentan películas uniformes y con un buen poder cubriente, aunque se aprecia que algunas partículas aisladas de pigmento no se muestran bien aglutinadas con el barniz. Por el contrario, los colores preparados con negro marfil y sombra natural han resultado películas heterogéneas y menos resistentes, perdiendo opacidad y cohesión tras su envejecimiento. Este comportamiento se relaciona directamente con los elevados valores de OAV y las consiguientes variaciones en la PVC de estos pigmentos [Tabla 4], ya que, al presentar una mayor demanda de aglutinante, estas mezclas tienden a una mayor porosidad, lo que facilita la degradación de la película pictórica. Esta pérdida de opacidad se constató a través de la mayor visibilidad del soporte cerámico bajo la capa pictórica, en comparación con el estado inicial, así como una reducción del poder cubriente indicativa de un debilitamiento estructural.

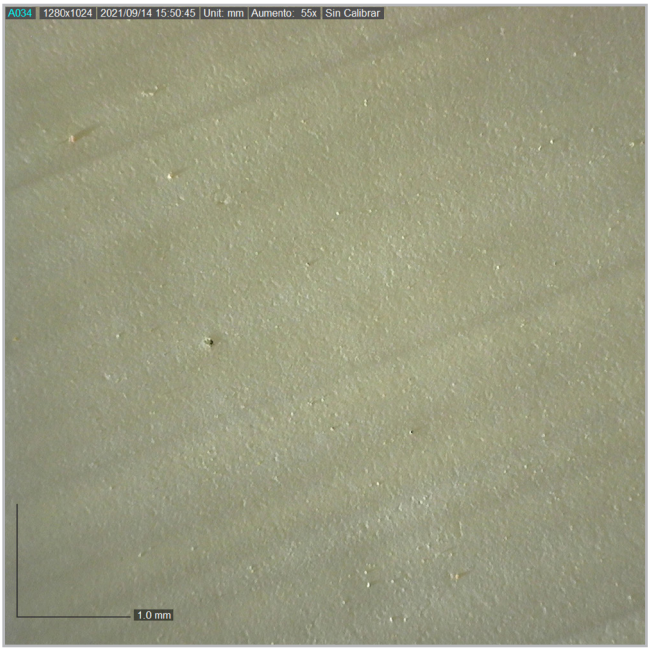


Figura 3.- Detalle bajo microscopio con un aumento de 55.0x de la probeta de pintura elaborada con pigmento blanco de titanio y barniz de almáciga.

Por su parte, los ensayos realizados con pinturas al barniz dammar han presentado mayores dificultades de integración de las partículas de pigmento, resultando en texturas más irregulares a nivel microscópico. Aunque visualmente pueden parecer cohesionadas, la exposición al envejecimiento artificial acelerado ha generado en algunos casos una consistencia pulverulenta. Este fenómeno es especialmente evidente en el negro marfil [Figura 4] y la sombra natural, los cuales poseen los índices de absorción más elevados del estudio. Dicha relación entre el OAV y la falta de cohesión, contrastable en los datos presentados anteriormente, compromete la formación de una película continua de resina y deriva en la desintegración física observada. Por el contrario, el rojo cadmio nº2, con un requerimiento de aglutinante sensiblemente menor, ha mostrado las mejores cualidades, incluyendo una óptima cohesión morfológica y estabilidad tras el envejecimiento.

Las pinturas elaboradas con el barniz sintético Regalrez® 1094 han dado lugar a películas pictóricas coherentes y uniformes, aunque con una textura ligeramente granulada bajo el microscopio. Los mejores resultados se han obtenido con el blanco de titanio, amarillo de cadmio nº6, rojo de cadmio nº2 y verde óxido de cromo. Por el contrario, en consonancia con los resultados obtenidos para las resinas naturales, el negro marfil y la sombra natural [Figura 5] han vuelto a presentar problemas de cohesión. Este hecho refuerza la tesis de que la elevada absorción de estos pigmentos (OAV) es el factor determinante en la fragilidad de la película, por encima del tipo de aglutinante empleado. Además, en el caso de la sombra natural, la presencia de óxidos de manganeso – conocidos por su acción catalizadora (Fuster-López *et al.* 2016) – podría estar alterando la estabilidad de la mezcla, contribuyendo a la heterogeneidad observada.

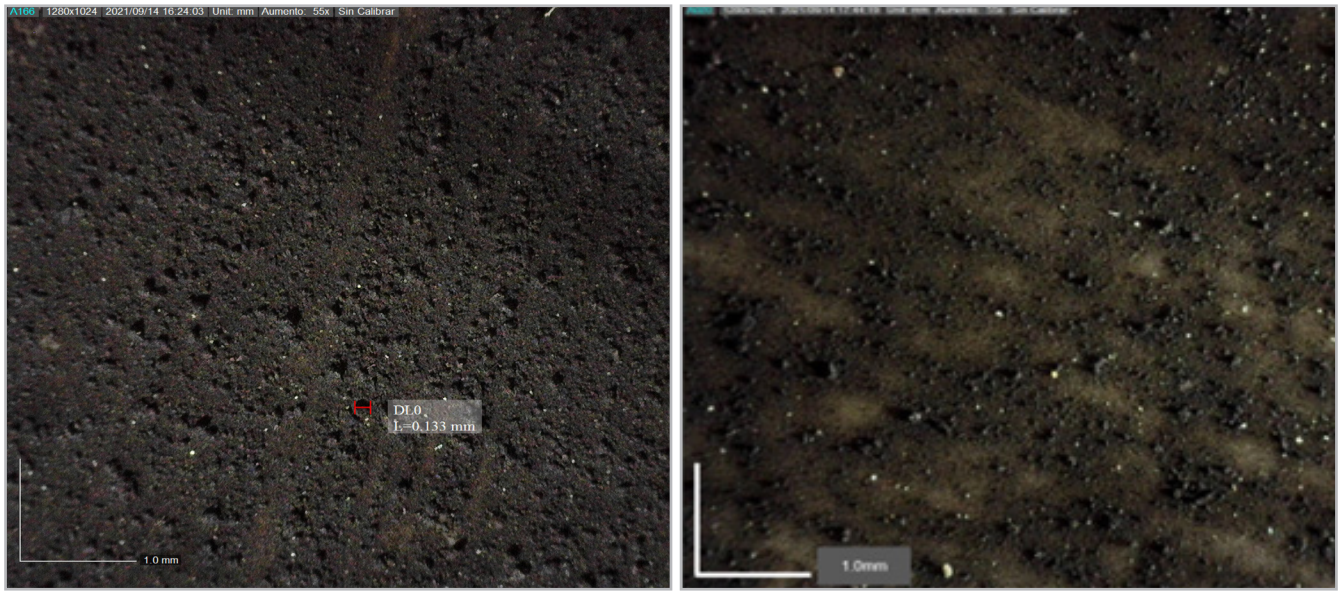


Figura 4.- Detalle bajo microscopio con un aumento de 55.0x de la probeta de pintura elaborada con pigmento negro marfil y barniz dammar antes (izquierda) y después (derecha) de ser expuesta a envejecimiento artificial acelerado.

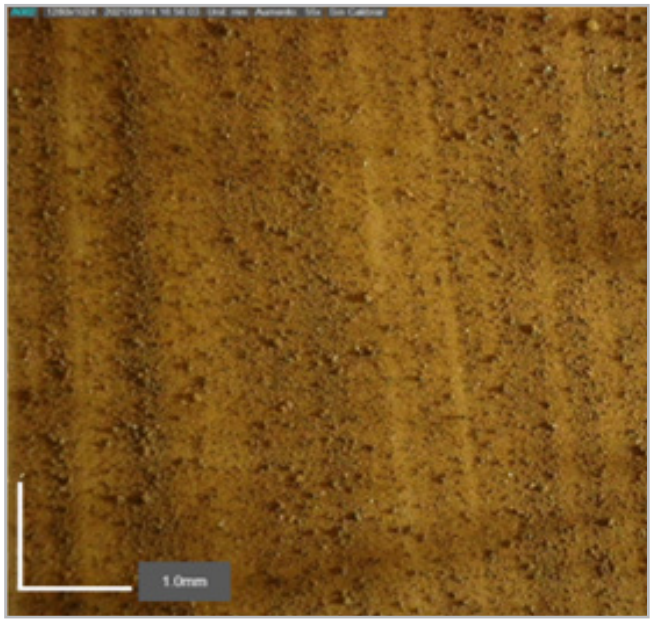


Figura 5.- Detalle bajo microscopio con un aumento de 55.0x de la probeta de pintura elaborada con pigmento sombra natural y barniz Regalrez® 1094.

Finalmente, las películas filmógenas elaboradas con Paraloid® B-72 han mostrado, a simple vista, resultados óptimos en términos de cohesión; sin embargo, bajo el microscopio se identifican partículas de pigmento que no se han aglutinado correctamente. El amarillo de cadmio nº 6, el rojo de cadmio nº2 y el verde óxido de cromo [Figura 6] han presentado una correcta estabilidad estructural y una buena distribución en el medio, mientras que los pigmentos negro marfil y sombra natural han vuelto a presentar problemas, mostrando un gran número de partículas sin englobar, así como signos de pérdida de opacidad constatados a través de la mayor visibilidad del soporte cerámico bajo la capa pictórica, en comparación con el estado inicial.

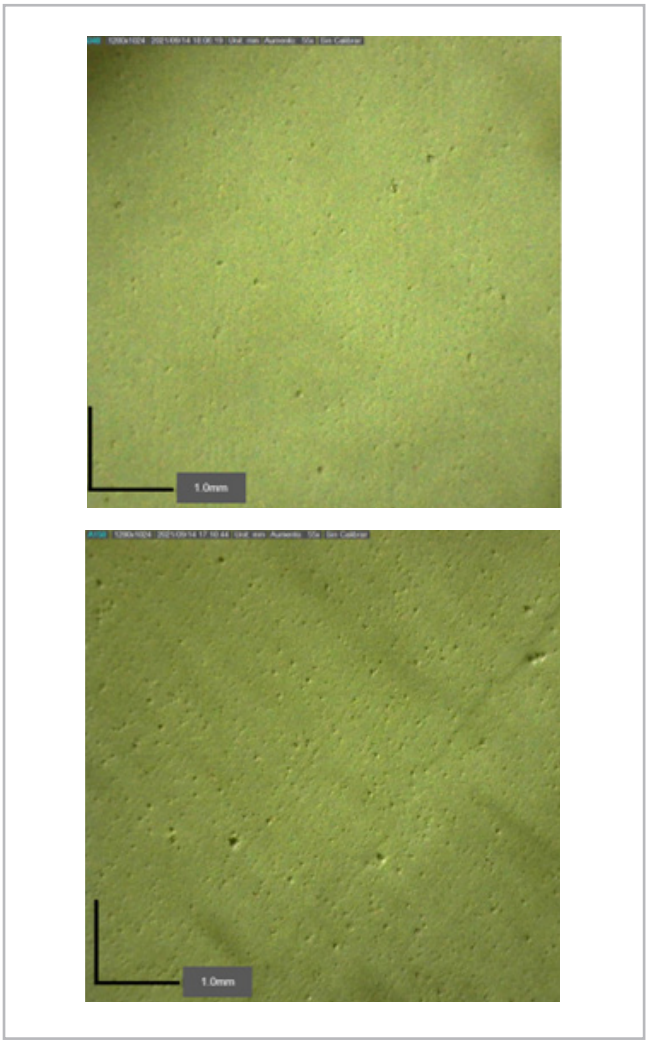


Figura 6.- Detalle bajo microscopio con un aumento de 55.0x de la probeta de pintura elaborada con pigmento verde óxido de cromo y barniz Paraloid® B-72 antes (arriba) y después (abajo) de ser expuesta a envejecimiento artificial acelerado.

En general, las diferencias observadas entre los pigmentos pueden relacionarse con su superficie específica y su interacción con el aglutinante. Como se ha evidenciado, pigmentos como el negro marfil o la sombra natural presentan una elevada demanda de medio debido a su naturaleza: el primero por su microestructura porosa (Mayer 1993) y el segundo por su contenido en arcillas de estructura laminar que incrementan la superficie a saturar (Sands 2016). Esta gran superficie específica genera una alta demanda de aglutinante (elevado OAV) que, de no ser satisfecha, compromete la formación de una película continua y deriva en la falta de cohesión observada. Por el contrario, pigmentos con una superficie específica más controlada, como los de cadmio o el blanco de titanio, permiten una saturación más eficiente con menores proporciones de resina, resultando en películas más estables y homogéneas. Estos factores son determinantes no solo en la morfología inicial de la pintura, sino también en su capacidad para resistir los procesos de degradación durante el envejecimiento.

—*Cuantificación de la diferencia total de color (ΔE*)*

Tras la exposición a envejecimiento artificial acelerado de las probetas, algunas muestran leves variaciones de color comparadas con las de referencia. No obstante, la percepción del color es un proceso neurofisiológico subjetivo y depende de factores individuales y externos (Zelanski y Fisher 2001), por lo que no es posible determinar con precisión a simple vista si las pinturas elaboradas manualmente han sufrido modificaciones de color.

Tomando como referencia otras publicaciones sobre colorimetría aplicada al estudio de la estabilidad de pinturas comerciales tras la exposición a envejecimiento acelerado artificial (Choi y Kang 2022), el presente texto evalúa la estabilidad del color en las probetas ensayadas. Cabe señalar que dicha estabilidad depende fundamentalmente de la naturaleza química de los pigmentos y de las propiedades intrínsecas de las resinas seleccionadas, más allá del proceso de elaboración manual. Por tanto, este análisis permite validar la viabilidad técnica de estas mezclas, formuladas con materiales de conservación comúnmente usados en los talleres de restauración, frente a las exigencias de estabilidad cromática a largo plazo [Figura 7].

Teniendo en consideración los umbrales de tolerancia según los valores alcanzados en ΔE* en los que en el valor 0-1 el observador no aprecia variación de color y >5 el espectador diferencia dos colores distintos (Mokrzycki y Tatol, 2012), se determina que los peores resultados se han obtenido en las pinturas al barniz con resina de almáciga, mostrando el rojo de cadmio nº2 (ΔE*= 9,28), el azul ultramar standard (ΔE*= 9,22) y el sombra natural (ΔE*= 13,44) diferencias notables perceptibles por el observador (>5 ΔE*). Sólo el verde óxido de cromo no ha presentado diferencias apreciables (ΔE*= 1,00), mientras que el resto de colores, aunque en menor medida, también han mostrado variaciones perceptibles para el público general.

Las pinturas preparadas con resina dammar han presentado resultados heterogéneos [Tabla 5]. Mientras que el amarillo de cadmio nº 6, el rojo de cadmio nº 2 y el verde óxido de cromo muestran una estabilidad cromática óptima (ΔE*<3), el negro marfil (ΔE*= 19,42), el azul ultramar (ΔE*= 11,45) y

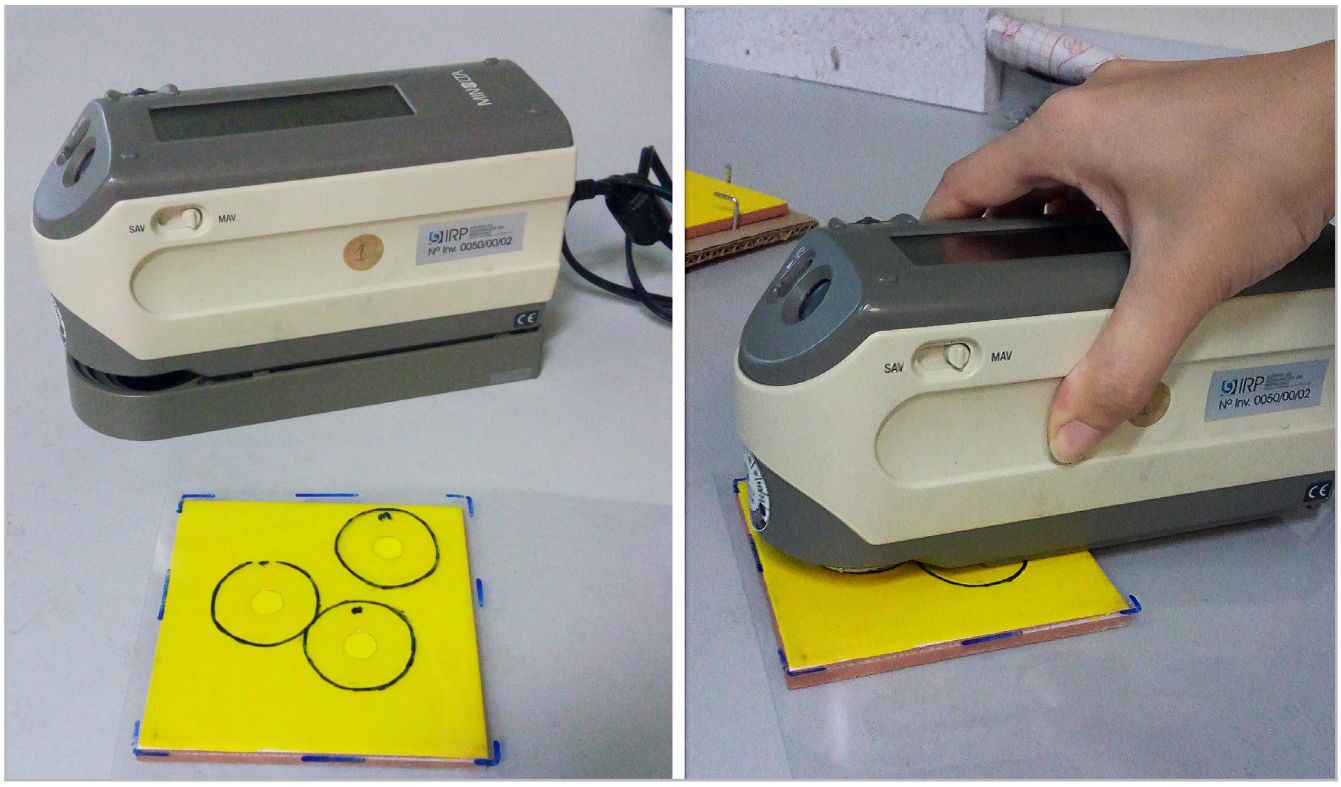


Figura 7.- Proceso de toma de mediciones colorimétricas con el espectrofotómetro Minolta mod. CM-2600d, utilizando un acetato intermedio agujereado para facilitar el marcaje de las zonas registradas

		Antes de envejecimiento artificial acelerado			Después de envejecimiento artificial acelerado			ΔE*
		L* (D65)	a* (D65)	b* (D65)	L* (D65)	a* (D65)	b* (D65)	
Almáciga	Blanco de Titanio	90,47	-0,82	2,65	91,23	-1,27	5,19	2,70
	Negro marfil	0,9	0	0	0,61	1,78	0,89	2,06
	Amarillo de Cadmio nº6	79,64	10,78	127,36	78,23	12,28	126,18	2,40
	Rojo de Cadmio nº2	31,99	57,17	40,44	30,14	60,00	49,08	9,28
	Azul Ultramar Standard	33,48	15,92	-68,08	29,44	23,77	-70,63	9,22
	Verde óxido de Cromo	34,92	-20,53	22,29	35,54	-21,02	22,98	1,00
	Sombra natural	28,41	18,47	44,06	41,55	15,66	43,95	13,44

		Antes de envejecimiento artificial acelerado			Después de envejecimiento artificial acelerado			ΔE*
		L* (D65)	a* (D65)	b* (D65)	L* (D65)	a* (D65)	b* (D65)	
Dammar	Blanco de Titanio	94,75	-0,72	1,27	93,63	-1,11	3,59	2,61
	Negro marfil	4,87	4,57	7,72	23,40	3,85	13,48	19,42
	Amarillo de Cadmio nº6	80,92	10,83	129,59	80,99	10,51	129,21	0,50
	Rojo de Cadmio nº2	31,14	60,40	51,62	31,01	60,27	51,67	0,20
	Azul Ultramar Standard	27,82	34,92	-76,62	32,19	24,75	-73,68	11,45
	Verde óxido de Cromo	40,78	-20,84	26,51	41,36	-20,96	26,14	0,70
	Sombra natural	34,99	15,66	48,49	43,57	14,73	45,43	9,17

		Antes de envejecimiento artificial acelerado			Después de envejecimiento artificial acelerado			ΔE*
		L* (D65)	a* (D65)	b* (D65)	L* (D65)	a* (D65)	b* (D65)	
Regalrez® 1094	Blanco de Titanio	89,00	-0,40	3,02	89,94	-0,32	3,05	0,94
	Negro marfil	0,09	0	0	2,18	0,79	1,29	2,65
	Amarillo de Cadmio nº6	83,65	5,49	64,49	82,22	5,07	67,94	3,76
	Rojo de Cadmio nº2	33,91	57,26	40,34	33,92	56,56	41,42	1,29
	Azul Ultramar Standard	46,13	7,63	-57,69	46,81	5,51	-55,55	3,08
	Verde óxido de Cromo	40,56	-22,87	29,94	40,86	-21,97	29,24	1,19
	Sombra natural	44,84	13,47	35,58	45,55	13,39	36,39	1,08

		Antes de envejecimiento artificial acelerado			Después de envejecimiento artificial acelerado			ΔE*
		L* (D65)	a* (D65)	b* (D65)	L* (D65)	a* (D65)	b* (D65)	
Paraloid® B-72	Blanco de Titanio	93,28	-0,65	1,35	93,20	-0,60	1,26	0,13
	Negro marfil	0,09	0,01	0	1,25	1,26	1,57	2,37
	Amarillo de Cadmio nº6	81,64	7,79	121,90	81,25	10,04	128,17	6,68
	Rojo de Cadmio nº2	31,00	58,48	48,25	32,92	57,89	44,61	5,18
	Azul Ultramar Standard	29,59	30,66	-75,76	35,32	21,25	-69,95	12,46
	Verde óxido de Cromo	41,81	-20,24	23,44	42,14	-20,02	23,15	0,49
	Sombra natural	22,10	19,14	37,64	25,45	17,25	40,84	5,05

Tabla 5.- Valores promedios obtenidos de las mediciones colorimétricas realizadas en las piezas de ensayo de colores al barniz y de la diferencia de color tras su exposición a envejecimiento artificial acelerado.

la sombra natural (ΔE*= 9,17) presentan diferencias notables de ΔE*. Estas discrepancias podrían explicarse por la elevada superficie específica y los altos valores de OAV de estos últimos. Al requerir mayor cantidad de aglutinante, se produce una saturación insuficiente del pigmento que altera la textura y la opacidad de la película, afectando así a la medición del color y permitiendo, en ciertos casos, la visualización del soporte cerámico. Este fenómeno se ha visto acentuado en el negro marfil y la sombra natural, donde la impronta de la brocha resulta más evidente debido a la mayor viscosidad y menor

capacidad de nivelación de estas mezclas saturadas. Debe considerarse que la aplicación manual favorece la aparición de estas texturas superficiales que rompen la planimetría de la capa pictórica. Esta falta de uniformidad influye en la reflexión de la luz y, por consiguiente, puede condicionar los valores de ΔE* obtenidos. Es por ello que, aunque la aplicación manual permite evaluar el comportamiento del material en condiciones reales de taller, se estima necesario para futuros estudios el empleo de aplicadores de película de espesor constante (tipo Baker o similares), garantizando así una superficie homogénea que optimice la precisión de la lectura colorimétrica.

En referencia a la resina Regalrez® 1094, se han obtenido los mejores resultados de estabilidad general. La mayoría de los colores presentan ligeras variaciones imperceptibles (ΔE*<3), a excepción del amarillo de cadmio nº6 y el azul ultramar, que muestran modificaciones perceptibles pero moderadas en comparación con las resinas naturales.

Finalmente, las pinturas elaboradas con Paraloid® B-72 demuestran una excelente estabilidad fotoquímica. Los valores obtenidos en el blanco de titanio (ΔE*<=0,13) y el verde óxido de cromo (ΔE*=0,49) reflejan cambios insignificantes en la luminosidad (L*), lo cual es coherente con la naturaleza de este polímero acrílico saturado que, a diferencia de los aglutinantes naturales, no experimenta procesos de oxidación o amarilleamiento significativos tras el envejecimiento. No obstante, se han registrado alteraciones notables en el azul ultramar standard ΔE*=12,32) y, en menor medida, en el amarillo nº6 y rojo de cadmio nº2, lo que sugiere que la estabilidad del conjunto depende no solo de la resina, sino de la interacción específica pigmento-aglutinante.

Conclusiones

El presente estudio ha demostrado que la elaboración manual de pinturas al barniz constituye un proceso laborioso, costoso y que exige gran meticulosidad. Los ensayos microscópicos han evidenciado la dificultad de obtener películas pictóricas completamente cohesionadas y homogéneas, incluso cuando se emplean procedimientos propios de taller de restauración.

Las pruebas de envejecimiento acelerado han mostrado la fragilidad de muchas de las películas obtenidas, con tendencia a la pérdida de cohesión, pulverulencia y variaciones cromáticas. Estas alteraciones se han manifestado con mayor intensidad en las resinas naturales (Almáciga y Dammar), especialmente en los colores preparados con negro marfil – que en el caso del Dammar ha mostrado una inestabilidad extrema (ΔE*=19,42) – y sombra natural. Por el contrario, pigmentos como el verde óxido de cromo han mostrado una mayor estabilidad general. En términos de comportamiento de los aglutinantes, la resina Regalrez® 1094 ha ofrecido el mejor comportamiento global, mientras que el Paraloid® B-72 ha destacado por su excelente estabilidad fotoquímica, manteniendo valores de ΔE* insignificantes en pigmentos como el blanco de titanio (0,13) y el verde óxido (0,49).

Los resultados confirman que la elección de pigmentos y resinas es crucial, al igual que la influencia de numerosos parámetros técnicos en la viabilidad de la mezcla: tamaño de partícula, tendencia a formar agregados, absorción de aceite o resina y proporción aglutinante/pigmento (Pigment Volume Concentration, PVC; Critical Pigment Volume Concentration, CPVC; y Oil Absorption Value, OAV). Se ha constatado que un alto OAV en pigmentos como el negro marfil o el azul ultramar dificulta la saturación óptima, afectando a la textura y a la medición colorimétrica final. Todos estos factores, que pueden pasarse por alto en la práctica de un taller, determinan la cohesión, la cobertura y la resistencia al envejecimiento de las películas.

El estudio constata así que la elaboración propia de pinturas al barniz en el taller de restauración, lejos de ser un procedimiento rutinario, exige un control riguroso de numerosos factores técnicos que condicionan decisivamente la calidad final de las películas. Cuando no se controlan adecuadamente, el resultado son pinturas que no alcanzan estándares mínimos de calidad para su aplicación en obra real. En este sentido, las formulaciones con Regalrez® 1094 y Paraloid® B-72 presentan cualidades que podrían justificar su consideración en aplicaciones de conservación, siempre como punto de partida para investigaciones futuras y con la posibilidad de incorporar aditivos que optimicen sus propiedades.

Referencias

AENOR (2011). UNE-EN 15886: *Conservación del patrimonio cultural. Métodos de ensayo. Medición del color de las superficies*. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación.

AENOR (2018). UNE-EN ISO 15110: *Pinturas y barnices. Envejecimiento artificial mediante exposición a radiación de xenón filtrada, humectación y desecación*. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación.

AENOR (2014). UNE-EN ISO 16474-1: *Pinturas y barnices. Métodos de exposición a fuentes de luz de laboratorio. Parte 1: Directrices generales*. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación.

BAILÃO, A. (2015). *Critérios de intervenção e estratégias para a avaliação da qualidade da reintegração cromática em pintura.* Tesis doctoral. Universidad Católica Portuguesa.

BAILÃO, A. & CARDEIRA, L. (2018). 'Mixing and matching. A survey of retouching materials', *RECH4 4th International Meeting on Retouching of Cultural Heritage*, Split, Croatia. Proceedings. Split, 248-255.

BERSEZIO, C. et al. (2013). "Instrumentación para el registro del color en odontología". *Revista Dental de Chile*, 104(3): 8-13.

BESTETTI, R. y SACCANI, I. (2015). "Materials and methods for the self-production of retouching colors", *RECH2 2nd International Meeting on Retouching of Cultural Heritage,* Porto, Portugal, 24-25 October 2014. Proceedings. Porto, 26-38.

BORGIOLI, L. y CREMONESI, P. (2014). *Las resinas sintéticas usadas para el tratamiento de obras policromas.* Madrid: Il Prato.

CARNAZZA, P. et al. (2020). "Retouching matt contemporary paint layers: a new approach using natural polymers". *Ge-Conservación*, 18: 84-393. https://doi.org/10.37558/gec.v18i1.842.

CHOI, H. J. y KANG D. I. (2022). A study on the retouching materials for oil paintings: using restoration colors. *Journal of Conservation Science*, 38(6):558-575. https://doi.org/10.12654/JCS.2022.38.6.01

CTS S.L. (s.f.). *Fichas técnicas y de seguridad: Resinas naturales y sintéticas.* Recuperado de: https://www.ctseurope.com [Consulta: 24/04/2021].

DE LA RIE, E. R. (1994). A*plicaciones de barnices en las pinturas.* Curso Museo de Bellas Artes San Pío V de Valencia, mayo 1994. Valencia.

DE LA RIE, E. R. y MCGLINCHEY, C. M. (1990). New synthetic resins for picture varnishes. *Studies in Conservation*, 35(S1): 168-173. https://doi.org/10.1179/sic.1990.35.s1.036.

DE LA ROJA DE LA ROJA, J.M. et al. (2013). "Efectos del barniz sobre el color de las reintegraciones cromáticas", *X Congreso Nacional del Color:* Libro de Actas, Valencia, 26-27-28 junio 2013. Valencia: Universitat Politècnica de València, 300-306.

DEL GROSSO, C. A., et al. (2021). The photostability and peel strength of ethylene butyl acrylate copolymer blends for use in conservation of cultural heritage. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 36(1): 75–97. https://doi.org/10.1080/01694243.2021.1912951

FUSTER-LÓPEZ, L., et al. (2016). Study of the chemical composition and the mechanical behaviour of 20th century commercial artists' oil paints containing manganese-based pigments. *Microchemical Journal*, 124(1): 962–973. https://doi.org/10.1016/j.microc.2015.08.023

GAMBLIN (2021). Conservation Color for the 21st Century. https://conservationcolors.com/conservation-colors-21st-century/ [Consulta: 13/03/2021].

GLANCY, C.W. (2012). "Oil absortiong of pigments". En *Paint and Coating Testing Manual 15th Edition of the Gardner-Sward Handbook*. ASTM International: West Conshohocken, PA, USA.

GOSAR-HIRCI, B. y MOČNIK-RAMOVŠ, L. (2016). "Use of retouching colours based on resin binders – From theory into practice", *RECH3 3rd International Meeting on Retouching of Cultural Heritage*, Porto, Portugal, 23-24 October 2015. Postprints. Porto, 45-52.

JACQMIN, C. y SOLDANO, A. (2020). "Reintegración de pinturas e emulsión acrílicas sin barnizar un estudio comparativo". *Ge-Conservación*, 18: 221-227. https://doi.org/10.37558/gec.v18i1.849.

KONICA MINOLTA (2020). *Entendiendo el Espacio de Color CIE LAB**. https://sensing.konicaminolta.us/mx/blog/entendiendo-el-espacio-de-color-cie-lab/ [consulta: 23/07/2020].

KREMER PIGMENTE (2021a). Página principal Kremer pigmente. [en línea] [consulta: 26 de septiembre de 2021]. Disponible en: https://www.kremer-pigmente.com/es/.

KREMER PIGMENTE, (2021b). Receta: Oil Paint. [en línea] [consulta: 26 de septiembre de 2021]. Disponible en: https://www.kremer-pigmente.com/es/informaci%C3%B3n/recetas/oil-paint/.

LEONARD, M. et al. (2000). "Development of a new material for retouching". *Studies in Conservation*, 45(S1): 111-113. https://doi.org/10.1179/sic.2000.45.Supplement-1.111.

MAYER, R. (1993). *Materiales y técnicas del arte*. Madrid: Alianza Editorial.

MOKRZYCKI, W.S. y TATOL, M. (2012). "Colour difference ΔE - A survey". *Machine Graphics and Vision*, 20(4): 383-411.

MOTTA, E. (2004). *La utilización del sistema colorimétrico Cielab en la evaluación de los barnices y sistemas de barnizado empleados en la restauración de pinturas: con referencia adicional al brillo solubilidad y apariencia.* Tesis doctoral. Universitat Politècnica de València.

MUSEO NACIONAL THYSSEN-BORNEMISZA MADRID (2021). [Restauración Thyssen]. Twitter. https://twitter.com/RestauraThyssen/status/1367461709787627524 [consulta: 04/03/2021].

NICOLAUS, K. (1999). *Manual de restauración de cuadros*. Köln: Konemann, 272–284.

PACHECO, F. (1990). *Arte de la pintura*. Madrid: Ediciones Cátedra, 448 y 483.

PPG PAINTS (2019). *¿Qué es la concentración de pigmento en volumen?* https://es.ppgpaints.com/pro/pro-painting-tips/pigment-volume-concentration# [consulta: 13/02/2019].

SÁNCHEZ ORTIZ, A. et al. (2009). "Investigación sobre la estabilidad química y óptica de materiales contemporáneos para reintegración cromática", *La restauración en el siglo XXI: función estética e imagen. IV Congreso del GEIIC*. Cáceres, 25-26-27 noviembre 2009, 195-205.

SANDS, S. (2016). 'Volume, Weight, and Pigment to Oil Ratios', *Just Paint*. Disponible en: https://justpaint.org/volume-weight-and-pigment-to-oil-ratios/ [consulta: 28/05/2025].

SECCO-SUARDO, G. (2010). *Il restauratore dei dipinti*. 4ª ed. Milano: Ulrico Hoepli Editore.

VAN DEN BURG, J.M. y SEYMOUR, K. (2022). *Varnishing and inpainting/retouching*. Amersfoort: Cultural Heritage Agency of the Netherlands, 29–38 y 54–62.

ZELANSKI, P. y FISHER, M.P. (2001). *Color*. Madrid: Ediciones Akal.

Autor/es



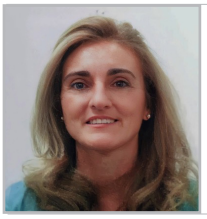
Beatriz Doménech-García
beadomga@upv.es
Universitat Politècnica de València (UPV)
https://orcid.org/0000-0001-8783-0936

Doctora en Conservación y Restauración de Bienes Culturales por la Universitat Politècnica de València (UPV), actualmente ejerce como conservadora en el Área de Fondo de Arte de la misma universidad (UPV). En los últimos años ha participado activamente en un gran número de proyectos de conservación y restauración en colaboración con el Instituto de Restauración del Patrimonio (IRP) de la UPV, así como en congresos y seminarios de ámbito nacional e internacional. Sus investigaciones se centran en la reintegración cromática en pintura de caballete y en la conservación y divulgación del patrimonio tecnológico.



Vicente Guerola-Blay
vguerola@crbc.upv.es
Universitat Politècnica de València (UPV)
https://orcid.org/0000-0001-5223-7737

Licenciado en Bellas Artes por la Facultad de Bellas Artes de San Carlos de Valencia y doctor por la Universidad Politécnica de Valencia donde actualmente ejerce su labor docente como profesor titular en el Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Ha publicado diversas monografías en materia de restauración de pintura destacando su especial dedicación en materia de retoque y criterios de reintegración pictórica. En esta misma materia ha participado en diferentes foros, congresos y jornadas aportando a través de artículos y ponencias diversas casuísticas y procesos de intervención en el patrimonio histórico-artístico. Desde hace unos años participa a través de diferentes proyectos de investigación en el estudio de la Tomografía Axial Computerizada aplicada al análisis de obras de arte, con una destacada aportación de publicaciones en esta materia.



María Castell-Agustí
mcastell@crbc.upv.es
Universitat Politècnica de València (UPV)
https://orcid.org/0000-0002-2561-2666

Licenciada en Bellas Artes por la Facultad de Bellas Artes de San Carlos de Valencia y doctora por la Universitat Politècnica de València, donde actualmente ejerce su labor docente como profesora Titular en el Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales y como miembro investigador en el Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio (IRP). Desarrolla diferentes líneas de investigación enfocadas principalmente al estudio técnico y conservativo de la pintura sobre soporte textil, profundizando en el análisis de materiales adhesivos y fibras textiles en los tratamientos de entelados, así como al estudio de sistemas de tensado y estabilización de pintura sobre lienzo. Ha participado también activamente en diferentes congresos, jornadas y foros tanto nacionales como internacionales de especial relevancia en el campo de la conservación y restauración de pintura de caballete, aportando nuevas tecnologías y métodos de intervención que se han publicado en diferentes monografías, artículos y ponencias de carácter científico.



Antoni Colomina-Subiela
ancosu@upv.es
Universitat Politècnica de València (UPV)
https://orcid.org/0000-0003-3447-3730

Profesor del Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales; investigador del Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio; y director del Área de Fondo de Arte y Patrimonio de la Universitat Politècnica de València. Sus líneas de acción e investigación se centran en los procesos de limpieza de superficies pictóricas; las industrias creativas al servicio de la fiesta y sus valores específicos como patrimonio inmaterial; y la intervención curativa y restauración de la escultura en soporte orgánico y el arte contemporáneo.

Artículo enviado 05/08/2024
Artículo aceptado el 06/04/2026

CC BY NC ND

https://doi.org/10.37558/gec.v29i1.1329