



digitAR

queologia
chaeology

ig
it
al

q u i t e c t u r a
c h i t e c t u r e
t e s t s

digitAR - Revista Digital de Arqueologia, Arquitectura e Artes
Digital Journal of Archaeology, Architecture and Arts

ENSAYOS DE TRATAMIENTOS DE PROTECCIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA POLICROMÍA DEL ALFARJE Y YESERÍAS DEL PATIO DE LAS DONCELLAS, REAL ALCÁZAR DE SEVILLA.

TREATMENTS TESTS FOR PROTECTION AND CONSOLIDATION OF THE POLYCHROMY OF THE ALFARJE AND YESERÍAS OF THE DONCELLAS PATIO, ROYAL ALCÁZAR OF SEVILLA.

A.I. Calero

Departamento de Pintura. Facultad de BBAA.
Universidad de Granada

A.C. Coba

Departamento de Pintura. Facultad de BBAA.
Universidad de Granada

F.J. Collado Montero

Departamento de Pintura. Facultad de BBAA.
Universidad de Granada

V.J. Medina Flórez

Departamento de Pintura. Facultad de BBAA.
Universidad de Granada

RESUMEN

El trabajo que se presenta pone de manifiesto la metodología llevada a cabo para la valoración de tratamientos, en lo que a color se refiere, aplicados sobre probetas de ensayo realizadas a partir de los materiales identificados en dos elementos arquitectónicos decorativos de la zona sur-este de uno de los patios más significativos del Alcázar de Sevilla: el Patio de las Doncellas. Estos elementos que tenemos como motivo de estudio son el alfarje de las galerías bajas y el paramento de yeso. Los tratamientos seleccionados para ser evaluados consisten, en el caso del alfarje en la aplicación de un barniz de protección con estabilizador de radiación ultravioleta (Archival Golden®), y en el caso de las yeserías de aplicación de dos tratamientos de consolidación: resina acrílica (Paraloid®B72) y silicato de etilo (Bioestel®1200). Los resultados obtenidos servirán de base para la elección de una propuesta de intervención óptima que incluya la posible utilización del barniz ultravioleta en el alfarje *in situ* así como el efecto que podrían tener los tratamientos de consolidación en las policromías de las yeserías. De esta forma contribuimos al conocimiento previo del comportamiento de los materiales antes de abordar la restauración de la decoración arquitectónica de este espacio o de otras obras de similar cronología con problemáticas similares.

Palabras clave: Alfarje, Yeserías, Estabilizador UV, Consolidación, Real Alcázar de Sevilla

ABSTRACT:

The work presented shows the methodology conducted for evaluating treatments, in what concerns color, applied on test specimens made from the materials identified in two decorative architectural elements of the south-east one of the most important courts of the Alcazar of Seville: courtyard of the Maidens. These elements we have as a subject of study are the paneled ceiling of the lower galleries and the wall plaster. The treatments selected for evaluation consist in the case of alfarje in applying a protective varnish with ultraviolet radiation stabilizer, and in the case of plasterworks, applying two consolidation treatments: Paraloid®B72 and Ethyl Silicate (Bioestel®1200). The results will form the basis for choosing an optimal intervention proposal that includes the possible use of UV varnish on the paneled ceiling and the effect that could have treatments consolidation of polychrome plasterwork. In this way, we contribute to the prior knowledge of the behavior of materials before boarding the restoration of the architectural decoration of this space or other works of similar chronology with similar problems.

Keywords: Paneled ceiling, Plasterwork, UV Stabilizer, Consolidation, Real Alcazar of Seville.

INTRODUCCIÓN

El conjunto palatino del Real Alcázar de Sevilla constituye uno de los espacios arquitectónicos más emblemáticos que se conservan en la ciudad, incluido en la lista del Patrimonio Mundial de la UNESCO en el año 1987.

La función de este palacio como vivienda permanente de los monarcas españoles ha contribuido a su conservación pero también a que haya sido muy modificado a lo largo del tiempo. Es por ello que resulte de especial interés en el ámbito de la investigación en diversas disciplinas como son la arqueología, la arquitectura, la historia del arte y en el caso que nos ocupa, la conservación y la restauración. Son varios los trabajos llevados a cabo por nuestro grupo de investigación en uno de los palacios que constituyen el conjunto, el palacio de Pedro I también conocido como Palacio Mudéjar, construido entre los años 1356-1366 (Rodríguez-Moreno 2011). Entre ellos destacan el trabajo en curso sobre la decoración arquitectónica del Patio de las Doncellas que abarca los paramentos de yeso, el alfarje de madera y los alicatados (Fig.1 y 2) (Calero-Castillo et al 2011 e Collado-Montero et al 2015), y el ya finalizado sobre estudio completo de la fachada de dicho palacio (López Cruz et al 2011). Estos trabajos se caracterizan por centrarse en el conocimiento de los materiales originales de la decoración arquitectónica original (pigmentos y aglutinantes), así como en la puesta a punto de una metodología adecuada para preservarlos y evitar su pérdida definitiva (tratamientos y métodos de aplicación). El análisis de los pigmentos y aglutinantes originales de estas decoraciones resulta especialmente complejo, como se ha puesto de manifiesto en investigaciones precedentes realizadas por el equipo (Cuarto Real de Santo Domingo, Alhambra y Oratorio de la Madraza en la ciudad de Granada, la mezquita de Fiñana en Almería o la Fachada del Palacio de Pedro I), fundamentalmente debido a las intervenciones de repolicromado que se realizan sobre las mismas que ocultan los materiales originales y que en ocasiones provocan su desaparición. En la mayor



Figura 1- Patio de las Doncellas.

parte de los casos la rica policromía de estas decoraciones estaba conformada por pigmentos naturales de una gran calidad como azurita, malaquita, cinabrio, tierras (roja y amarilla) y láminas de oro entre otros, que en periodos sucesivos se ocultan por encalados o pigmentos de menor calidad y en periodos más recientes, materiales industriales. Por este motivo resulta esencial el estudio pormenorizado de los materiales originales de las decoraciones de este periodo para su conocimiento, hoy en día aún muy poco conocido, así como para la selección de los tratamientos y métodos de aplicación más adecuados para su preservación (García Bueno 2015). El presente artículo muestra la metodología seguida en el estudio del alfarje de las galerías bajas y yeserías del patio de las Doncellas. Dicho estudio se centra en la evaluación previa a la aplicación *in situ* de tratamientos de restauración seleccionados en función de las alteraciones más significativas que presentan ambos elementos arquitectónicos, y aplicados



Figura 2- Alfarje y yeserías del Patio de las Doncellas, coincidente con la puerta de acceso al Salón del Techo de Carlos V.

en probetas de color identificativas de los materiales presentes. A partir de los resultados obtenidos en los ensayos de los tratamientos, se podrá realizar una propuesta de intervención segura y con carácter positivo que implique la utilización de los mismos en la obra real.

OBJETIVOS

Los objetivos fundamentales de esta investigación que se presenta son los siguientes:

- Realizar probetas de ensayo identificativas de los materiales característicos de la decoración arquitectónica en las yeserías y el alfarje del Patio de las Doncellas, así como de decoraciones de similar tipología.
- Determinar los tratamientos a ensayar sobre las probetas identificativas.
- Determinar las condiciones de ensayo del ciclo de envejecimiento de 12 meses y las mediciones de control.
- Establecer el ensayo de colorimetría

que permita valorar los cambios que se producen con el ciclo de envejecimiento.

- En definitiva, el objetivo de este artículo es presentar la metodología llevada a cabo para la valoración de tratamientos, en lo que a color se refiere, aplicados sobre probetas de ensayo realizadas a partir de dos elementos arquitectónicos decorativos de la zona sur-este del patio.

METODOLOGÍA:

La metodología que se ha llevado a cabo en esta investigación ha sido la siguiente:

Mapeo y toma de muestras: El trabajo desarrollado *in situ* ha permitido la recogida de una serie de micromuestras de las zonas más representativas del alfarje y yeserías con el objetivo de ser analizadas y caracterizar así, en la medida de lo posible, los materiales presentes en sus policromías (Fig.3). Esta toma de muestras ha sido controlada de manera minuciosa a



Figura 3- Toma de muestras.

través de la señalización de las mismas en el levantamiento gráfico realizado (Fig.4).

- **Análisis de muestras mediante técnicas instrumentales:**

Las muestras extraídas han sido analizadas a partir de diferentes técnicas instrumentales. Para la identificación de aglutinantes y barnices, se ha utilizado la espectroscopia de infrarrojos por transformada de Fourier y cromatografía de gases. En el caso de la identificación de pigmentos, se ha utilizado el microscopio estereoscópico para un primer análisis visual con el

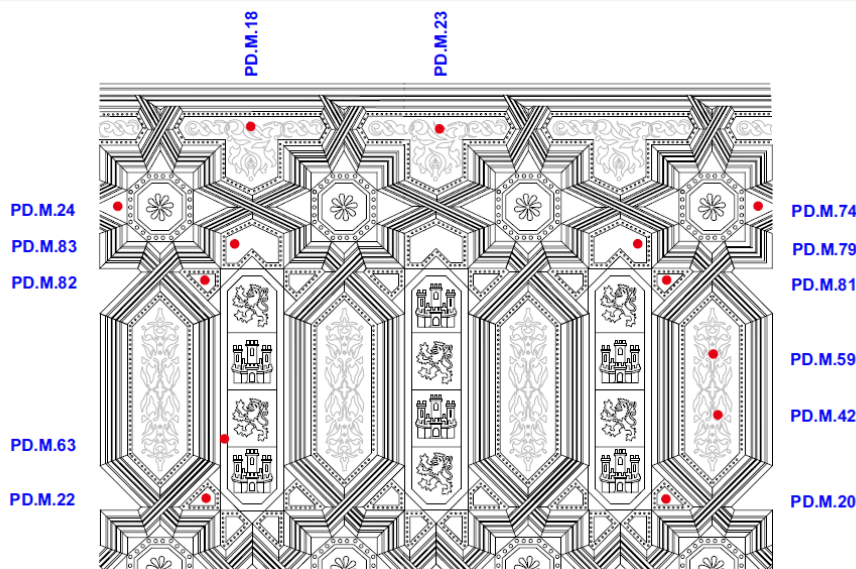


Figura 4- Mapeo de muestras de la zona del alfarje de las galerías bajas.

objetivo de seleccionar las muestras con mayor información y, posteriormente se han preparado láminas delgadas-pulidas que se analizaron por microscopía óptica y microscopía electrónica de barrido (SEM-EDX). Por último, en el caso de las muestras recogidas del paramento en yeso, se ha analizado una selección de ellas por difracción de Rayos X con el objetivo de identificar los materiales que componían el mortero. En el caso del alfarje se han tomado 15 muestras para ser analizadas, de las

que 4 se han utilizado para el análisis de aglutinantes. Por otra parte, en el caso del paramento de yeso, se han seleccionado un total de 65 muestras. De entre ellas se han utilizado 18 muestras para el análisis de difracción de Rayos X y 44 muestras para el análisis de pigmentos de las que 3 han sido destinadas para el análisis de aglutinantes.

- **Revisión documental:** Ha sido una parte fundamental del trabajo consultándose para la misma, estudios de obras de similar cronología. De destacar el realizado en

la Fachada de Pedro I, puesto que al presentar tanto decoraciones en yeso como en madera, nos ha permitido establecer comparaciones y detectar similitudes y diferencias en lo que a materiales presentes se refiere.

Elaboración de probetas: En base a los materiales identificados a partir del análisis de muestras correspondientes tanto en las yeserías como en el alfarje del patio, se han realizado probetas identificativas que se han adaptado en la medida de lo posible a la normativa internacional vigente (Comisión Internationale de l'Eclairage (CIE) 2004 e International Organization for Standardization (ISO) 1976).

- Determinación de las condiciones

del ensayo: La evaluación del ensayo se realizará a partir de la respuesta de las probetas sometidas a un ciclo de envejecimiento de 12 meses. En este ciclo de envejecimiento, una serie de probetas serán expuestas a envejecimiento natural externo con un seguimiento exhaustivo de los fenómenos atmosféricos (*precipitaciones, temperatura, humedad, radiación ultravioleta, irradiancia sobre superficie horizontal, dirección y velocidad del viento*), mientras que otra serie de probetas exactamente iguales pero con carácter de control, estarán en unas condiciones estables de humedad y temperatura en armario estanco interior también controladas por los correspondientes sensores. Con ello, una vez finalizado el ciclo de envejecimiento, podremos establecer diferencias a nivel físico entre las probetas envejecidas y las probetas de control¹.

¹ La estación de envejecimiento diseñada para este trabajo está compuesta por los siguientes equipos:

- Piranómetro LP PYRA 02AV (DELTA OHM).
- Anemómetro 6410.
- Sensor de radiación UV.
- Sensor de temperatura y humedad relativa. En el caso de la temperatura presenta un rango de -30°C a 50°C y una precisión de $\pm 0,3^\circ\text{C}$ a 25°C. En lo referente a humedad, el rango es de 0 a 100% y una precisión de $\pm 2\%$.
- Campana anti-radiación.

- Aplicación de tratamientos de restauración seleccionados:

- o Alfarje: En el caso del alfarje de las galerías bajas el tratamiento seleccionado para este ensayo ha sido un barniz acrílico satinado en aerosol a base de alcoholes minerales con estabilizadores de luz ultravioleta².
- o Yaserías: En el caso de las yeserías se han seleccionado dos tratamientos de consolidación que tradicionalmente se han aplicado en este tipo de obras. Por una parte, una resina acrílica (metilacrilato-etilmetacrilato) cuyo nombre comercial es Paraloid®B72 y, por otra parte, un silicato de etilo, de nombre comercial Bioestel®I200.³

- Medición del color previa al envejecimiento

El procedimiento que se ha seguido se basa en la toma de tres medidas individuales, y cálculo del promedio, en cada una de los acabados cromáticos, para determinar los valores CIELAB correspondientes (CIE 1976 L*, a*, b*, C*ab, hab), e índice de color Munsell (valor más próximo al valor CIELAB calculado) [7, 8]. En las tablas obtenidas se muestran los valores (L*), (C*ab) y (hab) de cada muestra, así como los valores promedio (AVG), de desviación estándar (SD), máximo (máx.) y mínimo (mín.). Asimismo, se han calculado las diferencias de color, según la fórmula de diferencia de color CIEDE2000, recomendada por la CIE como estándar (Huang et al., 2012), entre las muestras consideradas como patrones (antes del envejecimiento y después del envejecimiento) y las consideradas muestras de ensayo (sin tratar) con las muestras tratadas (Fig.5).

² Este barniz pertenece a la casa comercial ARCHIVAL GOLDEN en formato de 400 ml.

³ Ambos de la casa comercial CTS, se han aplicado en dos capas por impregnación con brocha interponiendo papel japonés en concentración del 5%.



Fig. 5. Medición efectuada sobre uno de los acabados policromos de las probetas de yeso antes del ciclo de envejecimiento.



Figura 6- Colocación de las probetas de yeso en el bastidor metálico para su envejecimiento exterior.

El equipo empleado para las medidas de color ha sido un espectrofotómetro portátil Kónica- Minolta CM-2600D13 de acuerdo con las siguientes condiciones de medición: geometría de iluminación difusa y detección a 8° , con componente especular incluida (di: 8), área de apertura del instrumento de 8 mm, observador patrón CIE 1964 (10°) e iluminante patrón CIE D65. Para la gestión de los datos colorimétricos se ha empleado el Color Data Software CM-S100W Spectramagic™ NX Pro de Konica Minolta.

-Colocación de las probetas de ensayo en la estructura de envejecimiento y monitorización. Una vez realizadas las probetas de ensayo para el estudio, se ha procedido a su colocación en el dispositivo de envejecimiento exterior como interior (Fig.6 y 7) y se ha iniciado la motorización de las mismas a partir de un software diseñado por la empresa SENSONET, el cual registra las mediciones diarias y mensuales a las que están sometidas las probetas a estudiar.



Figura 7- Imagen de las probetas de madera colocadas para su envejecimiento exterior. Como se puede observar, en ambos casos se sitúan reproduciendo las características de su situación en obra real.

RESULTADOS

- Resultados del análisis de muestras del Alfarje: El estudio de las muestras extraídas del conjunto a partir de las diversas técnicas instrumentales ha permitido conocer los materiales que componen la policromía del alfarje de las galerías bajas (Tabla 1) (Fig.8, 9, 10 y 11).

Tabla 1- Resultados de materiales obtenidos a partir del análisis de muestras correspondientes a la policromía del alfarje mediante técnicas instrumentales

CAPA DE PREPARACIÓN	PIGMENTOS	AGLUTINANTES	CAPAS METÁLICAS	BARNICES
Carbonato cálcico+ aceite de linaza+ blanco de plomo Sulfato cálcico+ caolín + cola animal	Blanco de plomo Rojo de plomo Cinabrio Bermellón Amarillo de plomo Amarillo de cromo Óxidos de Fe Azurita natural Azurita artificial Azul ultramar Azul de Prusia Malaquita natural Verde de Cromo Verde esmeralda	Aceite de linaza Huevo Goma arábica	Dorado al mixtión Dorado al agua	Resina de almáciga Resina de colofonia.
CAPA DE PREPARACIÓN	PIGMENTOS	AGLUTINANTES	CAPAS METÁLICAS	BARNICES
Carbonato cálcico+ aceite de linaza+ blanco de plomo Sulfato cálcico+ caolín + cola animal	Blanco de plomo Rojo de plomo Cinabrio Bermellón Amarillo de plomo Amarillo de cromo Óxidos de Fe Azurita natural Azurita artificial Azul ultramar Azul de Prusia Malaquita natural Verde de Cromo Verde esmeralda	Aceite de linaza Huevo Goma arábica	Dorado al mixtión Dorado al agua	Resina de almáciga Resina de colofonia.



Figura 8- Superior izqda. Diferentes estratos que componen una muestra tomada de la zona del friso con decoración epigráfica donde se aprecia sucesiva intervenciones a lo largo su historia. Microscopio óptico con luz reflejada.

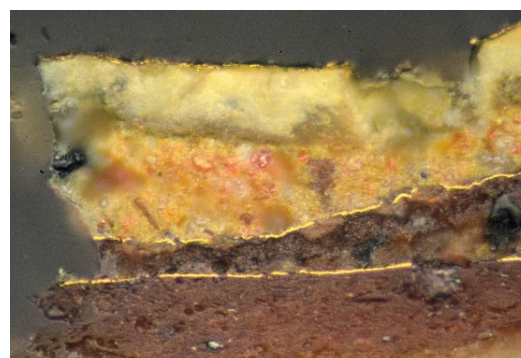


Figura 9- Superior dcha. Sucesión de estratos separados entre ellos por una lámina de oro, lo que indica que en esta zona decorativa del alfarje se produjeron tres intervenciones de saneamiento de dorado. Microscopio óptico con luz transmitida.

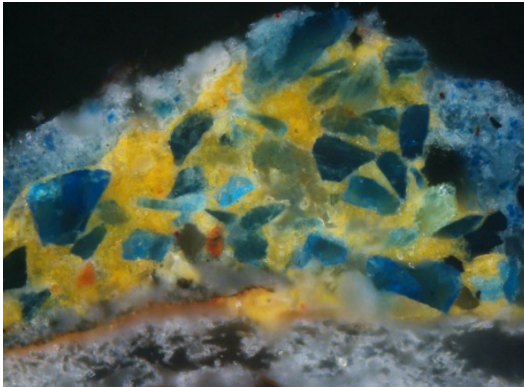


Figura 10- Inferior izqda. Identificación del pigmento azurita de origen natural determinado por la morfología de grano, acompañado de amarillo de cromo. Imagen de microscopio óptico con luz reflejada. Pigmentos identificados mediante SEM-EDX.

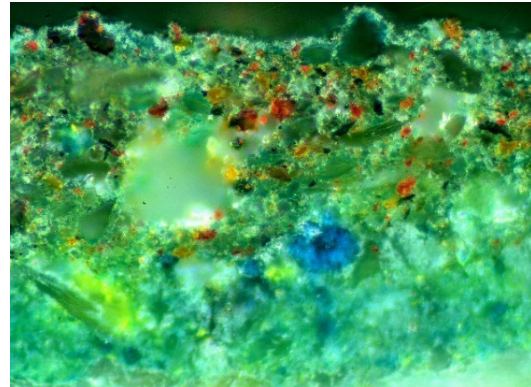


Figura 11- Inferior dcha. Mezcla de diferentes pigmentos para la consecución de tonalidades verdes correspondientes a la policromía de las almendrillas que componen el alfarje. Se trata de mezcla de verde de cromo, aluminosilicatos, óxidos de hierro y azul ultramar; todos ellos identificados mediante SEM-EDX. Imagen de microscopio óptico con luz reflejada.

Resultados del análisis de muestras de las Yeserías: El estudio de las muestras extraídas del conjunto a partir de las diversas técnicas instrumentales ha permitido conocer los materiales que componen las yeserías del muro

sur-este localizadas en la Puerta de Acceso al Salón del Techo de Carlos V, los frisos superior e inferior, la ventana occidental y la puerta pequeña o de escape (Tabla 2) (Fig.12, 13, 14 y 15).

Tabla 2: Resultados de materiales obtenidos a partir del análisis de muestras correspondientes a la policromía de las yeserías mediante técnicas instrumentales

SOPORTE	PIGMENTOS	AGLUTINANTES	CAPAS METÁLICAS	OTROS
Componente mayoritario de yeso ($\text{CaSO}_4\text{H}_2\text{O}$) que en el caso de tres muestras llegó a ser de un 100%. En segundo lugar el componente identificado fue la calcita (CaCO_3). Por último, la presencia de cuarzo (SiO_2), en proporción minoritaria, en torno a un 100% de valor máximo.	Azurita natural Malaquita natural Rojo de plomo Cinabrio/ Bermellón Óxidos de Fe Blanco de plomo Verde esmeralda Amarillo de Cromo Amarillo de Pb Azul ultramar artificial Azurita artificial	Cola animal	Oro fino con + o - porcentaje de impurezas aplicado al mixtión generalmente sobre capas de preparación con amarillo de cromo y amarillo de plomo.	Resina de colofonia. Aceite de linaza.



Figura 12- Superior izqda. Sucesión de estratos en los que se identifica que se cambia la policromía en distintas épocas. Microscopio estereoscópico.

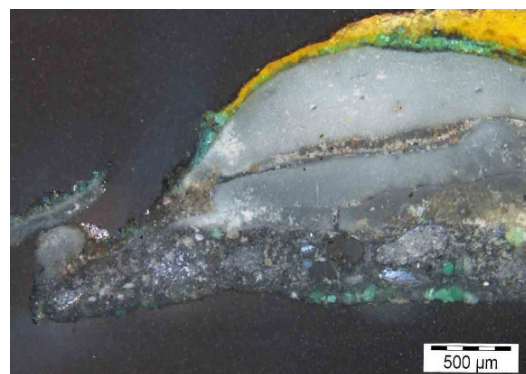


Figura 13- Superior dcha. Sucesión de estratos en una de las muestras localizada en las celosías del arco. El estudio de esta muestra permitió la identificación de 8 estratos entre los que se suceden pigmentos originales como la malaquita en la zona inferior, sucesivos encalados, pigmentos industriales del tipo verde esmeralda y una capa metálica sobre una base de amarillo de cromo y plomo. Microscopio electrónico.

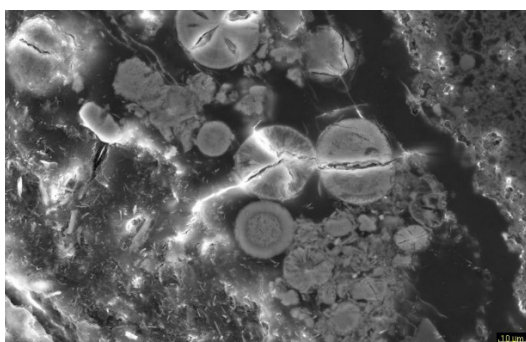


Figura 14- Inferior izqda. Identificación del pigmento verde esmeralda por la presencia de formas esferulíticas. Imagen de SEM.



Figura 15- Inferior dcha. Impregnación de aceites y resinas en las muestras lo que dificulta la identificación de los estratos originales y los añadidos en épocas posteriores

- Resultados de la documentación

bibliográfica. La revisión documental ha permitido conocer parcialmente las intervenciones históricas que se han sucedido en esta zona. A pesar de que existe información abundante y acerca de las transformaciones arquitectónicas del Patio, entre las que destaca el cambio definitivo de su fisonomía tras el enlosado del jardín mudéjar deprimido de la obra original, no sucede lo mismo

con las transformaciones producidas en la decoración arquitectónica, donde la documentación es menos detallada acerca de la naturaleza de los cambios y de su transformación. A pesar de ello, se ha podido constatar que se producen intervenciones prácticamente desde la realización de estas decoraciones. Si bien hasta el S. XIX, estas transformaciones parecen ser de carácter puntual reduciéndose probablemente a reparar

zonas dañadas o pérdidas localizadas, a partir de esta fecha se recogen referencias que indican una mayor actividad. En el caso del alfarje se detectan informes completos de reparación de las galerías y techumbres, mientras que en el caso de las yeserías existen documentos que refieren una posible restauración historicista de los paramentos con el encalado de las yeserías y posterior repolicromado adaptándose a la moda de diferentes periodos.

- **Realización de probetas:** Tanto para el estudio de los tratamientos de las yeserías como del alfarje, se han realizado probetas identificativas de la policromía a partir de los materiales identificados en estas zonas, a los que se añaden en casos puntuales materiales no identificados en este estudio pero que, se suelen encontrar en obras de similar tipología. De esta manera los resultados que se obtengan de la investigación no son solo aplicables a esta zona concreta, sino extensibles a otras zonas del conjunto y obras de similar cronología. En ambos casos, debido a la sucesión de intervenciones ya comentadas, se han realizado dos tipos de probetas: una serie de probetas representativa de los materiales históricos y una serie de probetas identificativa de los materiales modernos que son los materiales que se aplican en periodos sucesivos al original.

- **Probetas que reproducen la policromía del alfarje:**

En este caso se han aplicado dos tipos de preparaciones, una de ellas a base de sulfato cálcico, cola animal y compuestos minoritarios de arcilla que se atribuye a los tipos de materiales históricos de intervenciones tempranas; y otra compuesta por carbonato cálcico, blanco de plomo y aceite de linaza, atribuida a los materiales de intervenciones recientes. Sobre esta capa se han aplicado los distintos pigmentos aglutinados, de los cuales se han seleccionado tres aglutinantes (cola animal, aceite de linaza y goma arábiga) aplicados con los siguientes pigmentos: blanco de plomo, azurita natural, cinabrio natural, ocre

natural, malaquita natural y rojo de plomo, correspondiéndose éstos con los materiales de carácter histórico. En el caso de los pigmentos atribuidos a las intervenciones recientes, se han seleccionado blanco de plomo, azurita artificial, ultramar artificial, bermellón, amarillo de cromo, amarillo de plomo y azul de Prusia. Para finalizar, se han aplicado dos barnices identificados, tratándose de resina de almáciga en el caso de los materiales históricos y resina de colofonia en el caso de los materiales correspondientes a intervenciones más actuales.

En cuanto a los acabados metálicos, en el caso de los materiales históricos se ha aplicado oro fino mediante dos métodos: resina de almáciga o a la sisa, y al agua con bol rojo y cola de pescado. Sin embargo, en el caso de los materiales modernos solo se ha aplicado un método de dorado basado en oro fino sobre resina de colofonia. En total, se han realizado 56 probetas que reproducen la policromía del alfarje, clasificándose en 40 probetas identificativas de los materiales históricos (De las cuales 20 probetas son para envejecimiento interior y 20 para envejecimiento exterior) y 16 probetas identificativas de los materiales modernos (De las cuales 8 probetas son para envejecimiento interior y 8 para envejecimiento exterior) (Fig.16, 17, 18, 19) La superficie policroma de cada una de las probetas se ha dividido en dos zonas, una zona donde se ha aplicado el barniz identificado en las muestras y otra zona que se deja sin barnizar. A su vez estas dos zonas se vuelven a dividir en dos, aplicando en una de ellas el filtro con estabilizador ultravioleta, dando como resultado 4 zonas que combinan el barniz identificado y el filtro ultravioleta (Fig. 20)



Figura 16- Superior izquierda. Probetas a partir de materiales históricos con aglutinante de aceite de linaza.

Figura 17- Superior derecha. Probetas a partir de materiales de intervenciones recientes con aglutinante de aceite de linaza.

Figura 18- Inferior izquierda. Probetas a partir de materiales históricos con aglutinante de goma arábica.

Figura 19- Inferior derecha. Probetas a partir de materiales históricos con aglutinante de huevo.

<p>Zona 1: Sin barniz identificado Sin filtro UV</p>	<p>Zona 2: Con barniz identificado Sin filtro UV</p>
<p>Zona 4: Sin barniz identificado Con filtro UV</p>	<p>Zona 3: Con barniz identificado Con filtro UV</p>

Figura 20- Estructura de cada una de las probetas sometidas a ensayo.

Probetas que reproducen la policromía de las yeserías.

En el caso de la policromía de las yeserías se han realizado 36 probetas identificativas de los materiales históricos (Fig.21). (De las cuales 9 probetas son probetas control y 27 para envejecimiento exterior) y 24 probetas identificativas de los materiales modernos (Fig.22) (De las cuales 6 probetas son probetas control y 18 para envejecimiento exterior) lo que da un total de 60 probetas sometidas a ensayo.

PROBETA 2.0		PROBETA 2.1		PROBETA 2.2		PROBETA 2.3	
Ocre	Malaquita	Ocre	Malaquita	Ocre	Malaquita	Ocre	Malaquita
Cola animal Probeta de muestra interior		Cola animal Probeta de muestra exterior		Cola animal Resina acrílica		Cola animal Silicato de etilo	

Figura 21- Esquema representativo de las probetas de ensayo identificativo de los materiales históricos. En cada una de las probetas sometidas a ensayo se aplican dos acabados cromáticos con el objetivo de valorar un mayor número de pigmentos.

PROBETA 4.0		PROBETA 4.1		PROBETA 4.2		PROBETA 4.3	
Azurita	Ultramar	Azurita	Ultramar	Azurita	Ultramar	Azurita	Ultramar
Probeta de muestra interior		Probeta de muestra exterior		Resina acrílica		Silicato de etilo	

Figura 22- Esquema representativo de las probetas de ensayo identificativo de los materiales modernos.

En el caso de los materiales históricos, se han seleccionado dos aglutinantes (cola animal y goma arábica) aplicados con los siguientes pigmentos: azurita natural, cinabrio natural, ocre natural, malaquita natural, rojo de plomo y cinabrio, y bermellón. Por otra parte, en el caso de los pigmentos identificativos de los materiales modernos, se han seleccionado azurita artificial, ultramar artificial, mezcla blanco de plomo y ultramar artificial, blanco de plomo, amarillo de cromo, amarillo de plomo, azul de Prusia, mezcla de azul ultramar artificial, azul de Prusia y blanco de titanio aglutinados con aceite. Respecto a los acabados metálicos, en el caso de los materiales históricos se ha seleccionado oro falso y oro fino, ambos sobre resina de almáciga o a la sisa; y en el caso de los materiales modernos oro falso y oro fino sobre amarillo de cromo y resina de colofonia (Fig.23).

- Mediciones iniciales de las probetas sometidas a ensayo tras la aplicación de los tratamientos. Las mediciones realizadas antes de someter las probetas de ensayo a envejecimiento exterior, ha permitido conocer los valores iniciales que presenta cada una de las probetas a ensayar, que servirán con posterioridad como muestra patrón a partir de los cuales establecer los cambios que se producen con el ciclo de envejecimiento de 12 meses (Tabla 3 y Tabla 4).

Tabla 3- Ejemplo de valores CIELAB (iluminante D65/observador patrón CIE 1964) obtenidos de la muestra de color de la probeta en madera de azurita aglutinada con goma arábica.

Muestra		L*	a*	b*	C _{ab}	h _{ab}
(PH)ga.4	SB/SF	49.1	-7.8	-14.7	16.7	242.0
(PH)ga.4	SB/CF	31.6	-5.2	-13.9	14.9	249.4
(PH)ga.4	CB/SF	33.1	-4.5	-16.8	17.4	255.1
(PH)ga.4	CB/CF	30.2	-5.5	-13.4	14.5	247.6



Figura 23- Probetas tipo identificativas de los materiales modernos e históricos empleadas para el ensayo.

Tabla 4: Ejemplo de valores CIELAB (iluminante D65/observador patrón CIE 1964) obtenidos sobre las muestras de color de la probeta en yeso de azurita aglutinada con cola animal sin capa de protección y con capas de protección de resina acrílica (ParaloidB72) y Silicato de etilo (Bioestel 1200).

Muestra	L*	a*	b*	C _{ab}	h _{ab}
1.1.AZ.CA.ME	37.5	-1.1	-27.7	27.7	267.7
1.2.AZ.CA.P	31.5	-1.1	-24.1	24.1	267.4
1.3.AZ.CA.S	37.0	-1.9	-26.2	26.3	265.8

CONCLUSIONES

- El análisis de muestras efectuado ha permitido conocer los materiales presentes en una zona concreta ambos revestimientos. De este modo se ha podido conocer que la policromía original (en capas profundas) estaba compuesta por pigmentos de una gran calidad como la azurita natural, malaquita natural, el rojo de cinabrio y rojo de plomo así como la presencia de tierras compuestas por óxido de hierro de diversas tonalidades. Además en el caso del alfarje ha podido identificarse la presencia de láminas de oro y de plata en capas profundas, empleadas para zonas decorativas concretas. Sobre este estrato original se distinguen sucesivas intervenciones en la que destaca distintos repintes realizados con pigmentos propios de la revolución industrial como el verde esmeralda, el amarillo de cromo, el azul ultramar o el de Prusia, todos ellos sintetizados en el s. XIX; así como un encalado generalizado en el caso de las yaserías.

- El trabajo de campo ha permitido conocer el estado de conservación actual de la policromía. En el caso del alfarje el principal problema radica en la evidente pérdida y desvanecimiento de la policromía a causa de agentes de deterioro como la luz, la humedad y el biodeterioro entre otros. Por otra parte, en lo que se refiere a las yaserías las intervenciones sucesivas (repolicromados y encalados) unido a la presencia de humedad en el patio han derivado

en la descohesión y disgregación de la capa pictórica, por lo que en ambos casos es necesaria la puesta a punto de un tratamiento y método de aplicación que garantice su conservación y evite su pérdida definitiva.

- La estación meteorológica diseñada para el control de los condicionantes ambientales aportará información precisa acerca de las condiciones concretas a las que han estado sometidas las probetas y su respuesta a los diferentes tratamientos. De esta forma, con el ciclo de envejecimiento natural propuesto para las probetas de ensayo se podrá comprobar el comportamiento, en cuanto a colorimetría se refiere, de los tratamientos de restauración aplicados en ambas tipologías de probetas.

- Los resultados obtenidos servirán de base para la elección de una propuesta de intervención óptima que incluya la posible utilización del barniz ultravioleta en el alfarje *in situ*, así como el efecto que podrían tener los tratamientos de consolidación en las policromías de las yaserías y en consecuencia la elección del método más adecuado.

- De esta forma contribuimos al conocimiento previo del comportamiento de los materiales antes de abordar la restauración de la decoración arquitectónica de este espacio o de otras obras de similar cronología con problemáticas similares.

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro agradecimiento a las instituciones y organismos públicos que han financiado este proyecto.

- Esta investigación ha sido financiada por el Ministerio de Economía y Competitividad y por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) en el marco del Proyecto de Investigación "Estudio científico y tratamientos de conservación de revestimientos arquitectónicos de época romana a medieval" de

referencia (HAR2015-66139-P) así como el proyecto del Ministerio de Innovación y Ciencia denominado "Decoración arquitectónica de tradición islámica. Materiales y técnicas de ejecución" (HAR 2011-27598). Igualmente ha sido posible gracias a la beca contrato puente de la Universidad de Granada de la que es beneficiaria Ana Isabel Calero Castillo.

- Ha contado con el apoyo y amabilidad de los directores del Real Alcázar de Sevilla, así como con las facilidades aportadas por el Dr. Antonio Almagro Gorbea, de la Escuela de Estudios Árabes (CSIC) de Granada.
- Finalmente, damos las gracias a las doctoras Ana García Bueno y Olimpia López Cruz por la dirección del trabajo de campo, análisis de muestras y elaboración de probetas así como a las compañeras del grupo de investigación por su colaboración en el desarrollo de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Rodríguez Moreno, C. 2011. *El palacio de Pedro I en los Reales Alcázares de Sevilla. Estudio y análisis*. Tesis doctoral. Granada. Universidad de Granada.
- Calero-Castillo, A. I., García Bueno, A., López Cruz, O. & Medina Flórez, V. J. 2014. "Las yeserías del Real Alcázar de Sevilla. Estudio comparativo de la fachada de Pedro I y el Patio de las Doncellas. Materiales y cronología". En D. Juanes Barber & C. Roldán García, (Eds.), *Actas del X Congreso Ibérico de Arqueometría* (pp. 386-388). Castellón: Subdirección de Conservación y Restauración e Investigación IVC+R de CulturArts.
- Collado-Montero, F., Hernández Pablos, A., Fernández Navarro, E., López Cruz, O. & Medina Flórez, V. J. 2011. "Exámenes material, colorimétrico y patológico de los zócalos alicatados del patio de las Doncellas. Palacio de Pedro I. Real Alcázar de Sevilla. Metodología y avance de resultados". En López Montes, Collado Montero, Medina Flórez, Espejo Arias, García Bueno (Eds.) *Actas del XVIII Congreso Internacional. Conservación y restauración de Bienes Culturales* (pp. 38-41). Granada. Universidad de Granada
- López Cruz, O., García Bueno, A. & Medina Flórez, V. J. 2011. "Evolución del color en el alero de la fachada del rey D. Pedro I, Real Alcázar de Sevilla. Aportaciones del estudio de materiales a la identificación de las intervenciones de restauración a lo largo de su historia". *Arqueología de la Arquitectura*, (8), 163-178.
- López Cruz, O., García Bueno, A., Medina Flórez, V.J., Sánchez Navas, A. & Vellilla, N. 2015. "Pictorial materials used in the polychrome decorations of the façade of the palace of king Pedro I (The Royal Alcazar of Seville, Spain)". *Materiales de construcción*, Abril-junio, 65(318).
- García Bueno, A. 2015. "El color en la decoración arquitectónica andalusí". *El legado de al Ándalus. Las antigüedades árabes en los dibujos de la academia* (pp. 81-91). Madrid. Real Academia de Bellas Artes de San Fernando. Fundación Mapfre.
- Comision Internationale de l'Eclairage (CIE), *Colorimetry, Publication 15:2004*, (CIE: Vienna, 2004)
- International Organization for Standardization (ISO). *Colorimetry. Part 4: CIE 1976 L*a*b* Colour space*. ISO 11664-4:2008 (CIE S 014-4/E: 2007)