

Aplicaciones informáticas para el análisis de color de revestimientos cerámicos de vivienda monumental marroquí.

Barrera-Novella, Aileen Abril

Patlán-García, Natalia

A través del Laboratorio de materiales de la Escuela Politécnica Superior de Educación de Barcelona.

Resumen

Este proyecto de investigación surge a través del apoyo al trabajo final de grado basado en la diagnosis y propuesta de intervención y restauración de la vivienda monumental *Casa Sellam El Haaj* en Tetuán, Marruecos. Con el fin de simplificar el análisis de color de los revestimientos cerámicos de la casa para su intervención, se buscaron diferentes herramientas informáticas que facilitaran la obtención de los códigos de color de las teselas de Zellige y se homologaran con los códigos obtenidos mediante las cartas de color y el colorímetro, para así poderlos traducir al ordenador y catalogarlos, estudiarlos con mayor agilidad y en futuros proyectos similares. En este caso en específico se estudiaron las piezas de Zellige, que forman parte de los recubrimientos de piso y pared de la vivienda, creadas por maestros artesanos de la medina de Tetuán con una técnica única que está en peligro de extinción. Para el estudio de color las piezas se clasificaron en dos tipos: piezas originales tomadas directamente de la Casa Sellam y piezas producidas por los actuales *maalems* (maestros artesanos) de la zona. El método propuesto permite obtener una base de datos con los modelos y códigos de color de las muestras de *zellige*, para así reproducirlos a través de medios informáticos. El desarrollo del método propuesto consistió en la comparación de tres técnicas distintas: el colorímetro y las cartas de color, comparados con las aplicaciones para móvil.

La idea de las aplicaciones para el reconocimiento del color, así como del estudio de la cerámica marroquí ha sido publicado en otros artículos científicos de nivel internacional referidos al final del proyecto. La información que se ha encontrado acerca de las aplicaciones para el reconocimiento de color, han sido aplicadas para otros fines como el reconocimiento de patrones de color en composiciones basadas con hierro (Fe), en sustancias como sangre, agua.

En este caso estudiamos el color en composiciones minerales como PbO_2 (óxido de plomo) Cu (cobre), entre otros, ya que con ellos eran elaborados los esmaltes de las teselas originales; Las piezas actuales son elaboradas con esmaltes acrílicos en patrones de color *Pantone* que

son más fáciles de identificar ya que están estandarizados en RGB, CMYK, que es el lenguaje informático al que se pretende traducir la catalogación de estos.

Abstract

This research project arises through the support of the final work of degree based on the diagnosis and intervention proposal and restoration of the monumental house *Sellam El Haaj* House in Tetouan, Morocco. In order to simplify the color analysis of the ceramic tiles of the house for their intervention, different computer tools were searched that would facilitate the obtaining of the color codes of the Zellige tiles and would be homologated with the codes obtained by the letters of Color and colorimeter, so they can translate and catalog, study them with greater agility and in future similar projects. In this specific case the Zellige pieces, which are part of the floor and wall coverings of the house, were studied by master craftsmen of the Tetoan medina with a unique technique that is in danger of extinction. For the study of color, the pieces were classified into two types: original pieces taken directly from the *Sellam House* and pieces produced by the current *maalems* (master artisans) of the area. The proposed method allows to obtain a database with the models and color codes of Zellige samples, in order to reproduce them through computer means. The development of the proposed method consisted of the comparison of three different techniques: the colorimeter and color charts, compared to the mobile applications.

The idea of applications for color recognition, as well as the study of Moroccan ceramics has been published in other scientific articles of international level referred to the end of the project. The information that has been found about applications for color recognition has been applied for other purposes such as the recognition of color patterns in compositions based on iron (Fe) in substances such as blood, water.

In this case we study the color in mineral compositions such as PbO₂ (lead oxide) Cu (copper), among others, since with them the enamels of the original tiles were made; The current pieces are made with acrylic enamels in Pantone color patterns that are easier to identify since they are standardized in RGB, CMYK, which is the computer language that is intended to translate the cataloging of these.

Keyword

Códigos de color, CMYK, RGB, APPs, *zellige*, esmalte, decoración marroquí, arquitectura. Color codes, CMYK, RGB, APPs, *zellige*, enamel, moroccan decoration, architecture, mineral, capture, mineral, Pantone, patrones de color, identification.

I. Introducción

El *zellige*, en árabe “pequeña piedra pulida”, con más de cinco siglos de uso (XVII-XIX) es un tipo de mosaico cerámico ornamental hecho a base de arcilla y pequeños azulejos de colores llamados teselas.

Antiguamente este tipo de decoración estaba reservado únicamente para lugares de culto, pero, con el paso del tiempo, su campo de uso se expandió, para usarse en la arquitectura habitual marroquí del norte de África, para la decoración de muros, suelos e incluso fuentes, extendiéndose también por el sur de Europa.

Morfológicamente, está constituido por pequeñas piezas de arcilla, dispuestas en placas esmaltadas, siguiendo patrones geométricos previamente trazados por los *maalems* (maestros artesanos).

Existen diferentes estudios acerca de este tema, abordados desde diferentes perspectivas, una de ellas es la rama de las matemáticas, que estudia las complejas geometrías trazadas para los diseños de los distintos patrones del zellige. El que tomamos para este estudio fue la Metodología realizada por la Escuela Superior de Tecnología de la Universidad Sidi Mohamed Ben Abdellah de Fez en colaboración con el Instituto Universitario de Tecnología de la Universidad de Lyon, Francia, que permite obtener el patrón de tallado, siguiendo un reconocimiento automático del contorno de formas de las piezas y consiste en un sistema de indexación, que se basa en la combinación de los principales atributos del zellige (color, textura y forma); a través de un método de segmentación se extrae dicho contorno y, a partir de ahí, se aplica un algoritmo para identificar su posición (en los ejes x,y). Finalmente, estas posiciones son utilizadas para recrear los patrones de zellige.

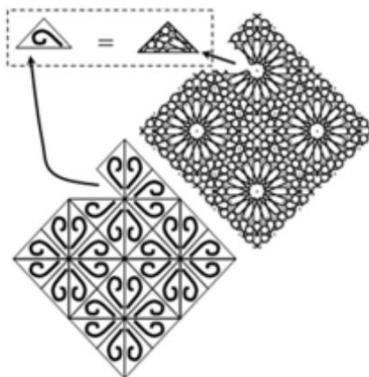


Figura 10: “La Semilla Mínima”

Después de la extracción y trabajo de la arcilla se continua con el proceso de corte y primera cocción, continúan con la fase de esmaltado. En esta fase se solían utilizar esmaltes tradicionales hechos a base de minerales, sin embargo, actualmente se opta por los esmaltes industriales, debido a la dificultad de localización de los minerales, la toxicidad de los mismos y a la fácil estandarización de los esmaltes industriales, simplificando el trabajo de los artesanos.

Concentrándose en la técnica tradicional del *zellige*, conocemos que los colores se obtenían de pigmentos naturales a base de óxidos de minerales. Gracias a diversos estudios, se ha logrado identificar la relación entre el mineral usado y el color resultante, por ejemplo:

- Óxido de plomo - Amarillo
- Óxido de cobre o cromo - Verde
- Mineral de tianita o esfena - Rosa
- Mineral de espinela - Negro

Esta información sirve para el reconocimiento de los diferentes radios entre las líneas fluorescentes del vidriado del componente principal y las líneas fluorescentes de los componentes principales del pigmento; que ahora sabemos ayudan a mejorar la calidad del esmaltado y alargan la durabilidad del pigmento, porque sirve para comprobar la pauta de colocación de las piezas en el horno durante los procesos de cocción.

La colocación de las piezas depende del color y es la siguiente:

-Blanco y colores claros: se exponen directamente al calor del horno por lo que se colocan en la parte inferior del mismo.

-Verde: se colocan en la parte superior debido a su mayor grado de sensibilidad, ya que su color se obtiene del cobre.

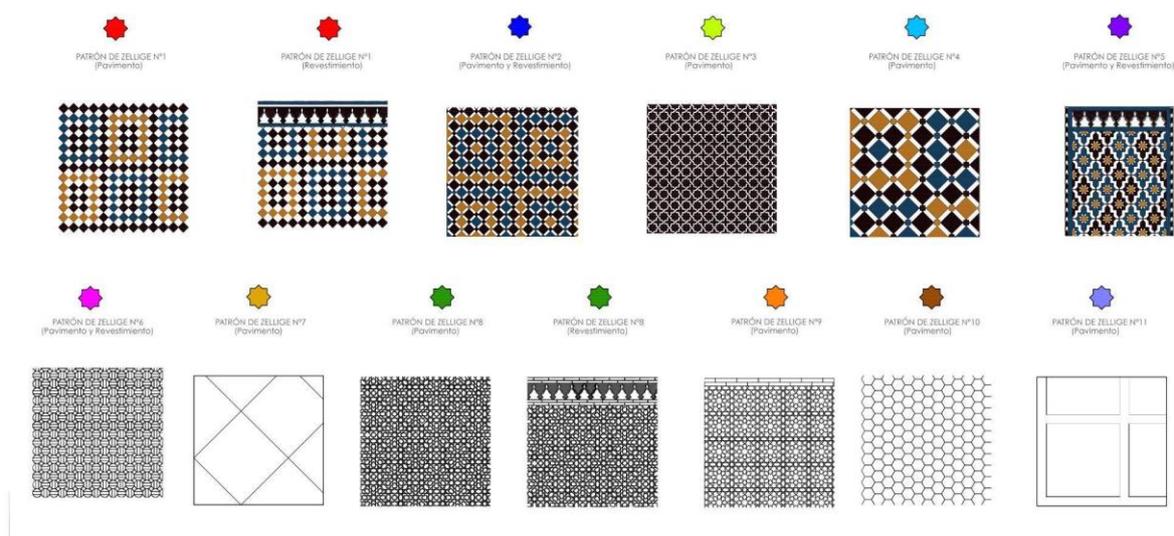
-Negro, rojo pardo, marrones y amarillo: se disponen en la parte media del horno.

Actualmente, los *maalems* y el *zellige* que se produce en Marruecos, se encuentra en una situación de escasez creciente, lo que ha convertido el *zellige* en un trabajo artesanal en “peligro de extinción” y por lo tanto, en un patrimonio que hay que proteger.

Gracias a los estudios previos sobre el tema, se ha podido ampliar la cantidad de información que se tenía sobre el proceso de producción del *zellige*, pero este patrimonio artesanal tiene una parte material y otra inmaterial, ya que solo los *maalems* salvaguardan los conocimientos teóricos y prácticos de la fabricación de su arte, dichos conocimientos sólo son transmitidos de generación en generación.

Por lo que, en el campo de la arquitectura, más específicamente en la restauración, intentar reproducir una pieza de *zellige* en la actualidad resulta una tarea llena de dificultades, no solamente al intentar conseguir los materiales adecuados o adaptarse a las herramientas y maquinarias del proceso artesanal, también lograr esa sensibilidad tanto en composición geométrica como en tonalidades de colores que nos remiten a lo natural, requerirá un arduo proceso de estudio para obtener resultados satisfactorios.

En este sentido, identificamos los siguientes patrones dentro de los recubrimientos tanto de paredes como de pisos de nuestro edificio, y fueron sobre estas piezas en las que nos basamos para la realización de nuestro estudio, ya que es imprescindible el poder completar las teselas faltantes con precisión dentro de la vivienda para poder generar un trabajo de intervención completo y respetuoso al original y al trabajo de los artesanos.



II. Materiales y métodos

El método de estudio propuesto se divide a grandes rasgos en dos técnicas de estudio para el abordaje del problema:

- 1.- Pruebas con colorímetro
- 2.- Utilización de aplicaciones informáticas

A partir de algunas muestras extraídas de la propia casa Sellam El-Haj, ubicada en la medina de Tetuán, Marruecos y de piezas cerámicas de *zellige* obtenidas de la Escuela de Oficios de Tetuán, se realizaron estudios en el laboratorio de materiales de la EPSEB (Escuela Politécnica Superior de Edificación de Barcelona) de la UPC (Universidad Politécnica de Cataluña).



Gráfico 1. Muestras de *zellige* de la casa Sellam El-Haj y de la Escuela de Oficios de Tetuán.

II.1 Pruebas con colorímetro

Como primera técnica de estudio, se realizaron en el laboratorio pruebas de identificación de color con colorímetro. El método consistió en utilizar el colorímetro directamente en las muestras cerámicas, que fueron previamente limpiadas. Utilizando dos sistemas de codificación de color: el ACC (Acoat Color Codification) y NCS (Natural Colour System). Se utilizaron ambos sistemas de codificación ya que los colores de las muestras originales de *zellige*, al provenir de pigmentos naturales tienen un rango más amplio de variación de resultado

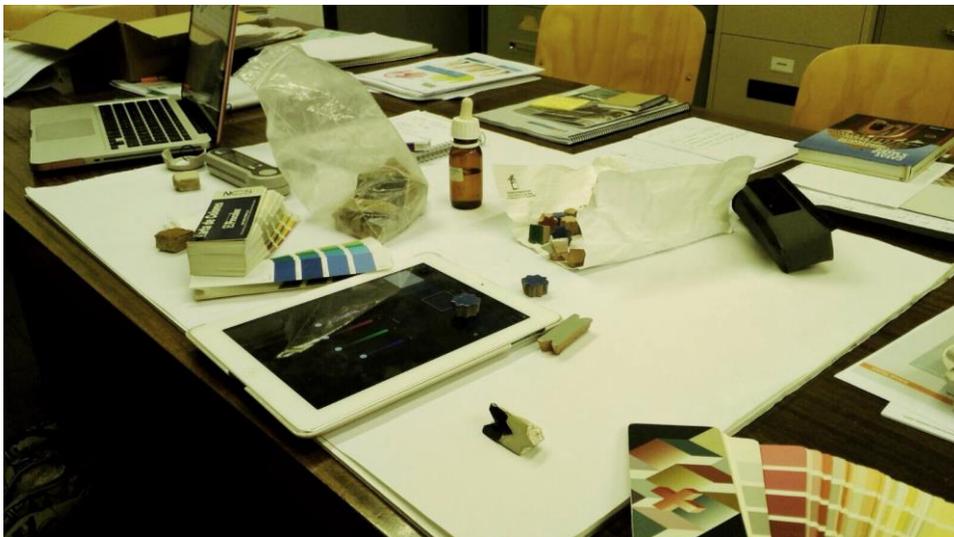


Gráfico 2. Material de limpieza de las piezas cerámicas y colorímetro.



Gráfico 3. Colorímetro y catálogo de clasificación de color NCS.



Gráfico 4. Catálogo de clasificación de color ACC.

II.II Utilización de aplicaciones informáticas

Para esta técnica lo primero a realizar, fue una sesión de tomas fotográficas de cada una de las muestras, tanto de las originales como de las actuales, para así tener un registro de cada una de ellas con la finalidad de generar una base de datos gráfica de la muestra y poder ingresar estas fotografías en las aplicaciones informáticas (APPs).



Gráfico 5. Fotografías de las muestras de *zellige* de la casa Sellam El-Haj.



Gráfico 6. Fotografías de las muestras de *zellige* de la Escuela de Oficios de Tetuán.

En el mercado existen gran cantidad de aplicaciones para identificación de color, después de probar varias, se decidió trabajar con la aplicación **Adobe Capture CC** debido a la precisión de los resultados, además de las ventajas y facilidades que permite la aplicación para manipularlos. La aplicación permite digitalizar los colores, creando una paleta de colores que nos arroja los códigos RGB, CMYK, LAB, HSB y HEX de cada color que conforma la paleta resultante, teniendo así la posibilidad de igualar estas tonalidades en nuestro ordenador y manipularlas desde la aplicación o a través de los programas de Adobe que son compatibles con la APP.

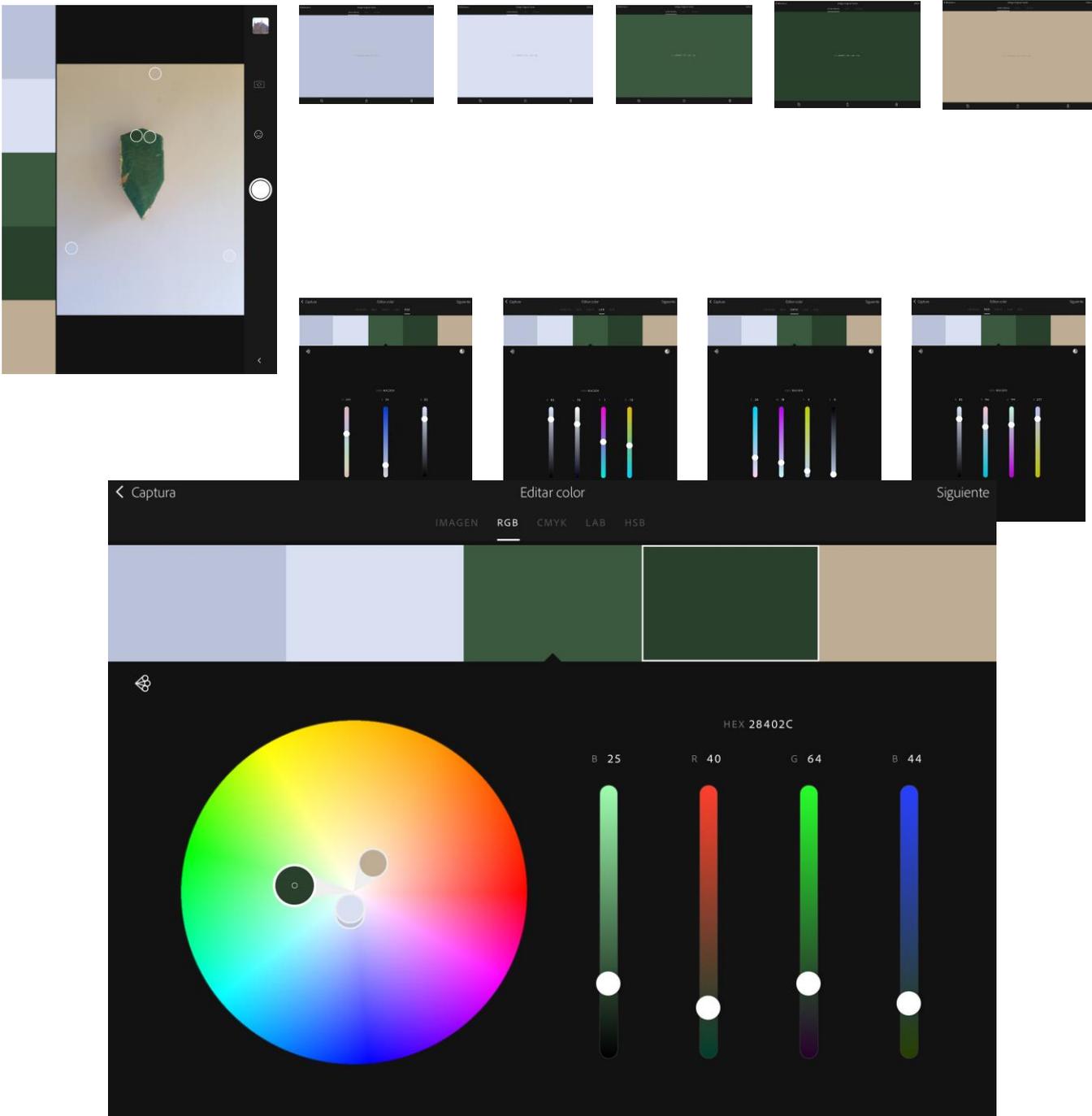


Gráfico 7. Método de identificación de color a través de la utilización de la APP Adobe Capture CC.

III. Resultados

Al realizar el análisis de color en las distintas piezas realizadas por los maestros artesanos marroquíes, los resultados variaron dependiendo del instrumento utilizado para dicho análisis.

Al comparar el método tradicional de análisis de color (colorímetro y las cartas de color en ACC, NCS) con las aplicaciones informáticas, se encontró que podemos llegar a la homologación de los códigos de color, entre ambas técnicas con mayor facilidad cuando los pigmentos del zellige son homogéneos. Esta característica se presentó frecuentemente en las piezas nuevas de cerámica, ya que los esmaltes ya no fueron elaborados con pigmentos minerales a diferencia de las piezas originales, que tenían matices de diferentes tonalidades y colores a lo largo de la pieza. En estos casos se tomaron pruebas en diferentes puntos de la pieza y se registraron los diferentes resultados de la misma.

Las piezas artesanales nuevas tienen una equivalencia precisa en ambas aplicaciones (PANTONE y Adobe Capture) ya que los esmaltes están realizados a partir de un código de color universal, por ende, son traducibles a un ordenador.

En algunos casos en los que la codificación aparecía sin igualación, teniendo que elegir propiamente el resultado más acertado al observado en las muestras.

Finalmente, los resultados obtenidos de ambas técnicas fueron vaciados en una tabla de datos, para tener un mejor manejo de dicha información y trabajar en la realización de una paleta de colores de las muestras cerámicas de *zellige*.

Paleta de Colores

Zellige 3 Azul



K: 4
G: 24
B: 56

04103B



Colorímetro
D1-2020
Carta de Color

Zellige 4 Natural



K: 14.4
G: 11.6
B: 80

8F7650



Colorímetro
E155L
S4010-Y3DR
Carta de Color
S2005-Y4DR

Zellige 6 Blanco/ Negro



K: 100
G: 100
B: 100

0A0A0A



K: 1.33
G: 1.24
B: 1.24

85817C



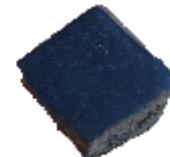
Colorímetro
B: 63.08.43
N: S6505-Y6DR
Carta de Color
B:mas-resistencia
N: S6005-Y2DR

Zellige 7 Azul



K: 4.6
G: 6.6
B: 7.1

2E445B



Colorímetro
T1-17-86
Carta de Color
T0-20-40
T4-27-36

Zellige 4 Amarilla



K: 8.6
G: 6.7
B: 2.0

564314



Colorímetro
F12544
Carta de Color

Zellige 7 Hueso



K: 20.7
G: 14.4
B: 1.67

8F7A77



Colorímetro
F40772
Carta de Color
F40772

Zellige 4 Tierra



K: 122
G: 84
B: 41

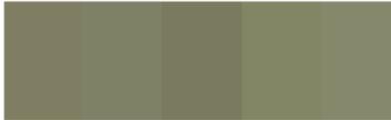
7A5d27



Colorímetro
F12544

Carta de Color
E63050

Zellige Beige



K: 144
G: 145
B: 104

8D8768



Colorímetro
F70772

Carta de Color
F70772

Zellige Verde



K: 22
G: 75
B: 55

1b4B37



Colorímetro
M63130

Carta de Color
L63030

Zellige Arena



K: 164
G: 154
B: 115

A34F74



Colorímetro
G11266

Carta de Color
G01575

Zellige Negra



K: 10
G: 4
B: 10

0A040A



IV. Discusión

Estos resultados son importantes ya que el poder igualar los productos de la investigación lo mayor posible entre las diferentes técnicas de análisis de color facilita a los arquitectos y restauradores el trabajo *in situ*, ya que las herramientas de análisis tradicionales suelen ser más difíciles de llevar al lugar de estudio, y no cuentan con otras de las facilidades que las herramientas informáticas y aplicaciones sí, como el poder generar un catálogo fotográfico y de color a la par de la realización de análisis.

Respecto a este tema no encontramos artículos o investigaciones similares que pongan en contexto o en comparación nuestros resultados.

V. Conclusiones

En esta investigación concluimos que se puede llegar a una igualación de técnicas de identificación de color tradicionales y las aplicaciones. Pero no son efectivas de la misma manera en las piezas originales realizadas con pigmentos que no son homogéneos, a las piezas “nuevas” que son realizadas con esmaltes en un catálogo de color universal.

El uso de las nuevas herramientas tecnológicas facilita el trabajo de catalogación, ya que son más rápidas, y generan un álbum fotográfico traducible a ordenador para poder trabajar en su estudio y restauro.

Agradecimientos

Agradecemos al Laboratorio de materiales de la EPSEB, particularmente a la profesora Montserrat Bosch por su orientación, paciencia, y dedicación en enseñarnos y guiarnos para la comprensión de la técnica zellige, y de los catálogos de color.

Bibliografía

Junta de Andalucía; Artisanat du Maroc; Unión Europea FEDER; ROAPE; Andanatura, n.d.) Programa Cooperación Transfronteriza (España-Fronteras Exteriores); Junta de Andalucía; Artisanat du Maroc; Unión Europea FEDER; ROAPE; Andanatura. (n.d.). *Estudio Sobre el Zellige de Tetuán* (p. 30). Tetuán, Marruecos.

Youness, Farhane; Driss, Amegouz y Abdelaziz, B. (2014). *Nouvelle méthode de production des pièces découpées du Zellij traditionnel* [New method for production of traditional Zellij part], 8(1), 114–130.

Bendaoud, R., Guilherme, A., Zegzouti, A., Elaammani, M., Coroado, J., Carvalho, M. L., & Queralt, I. (2013). *Elemental mapping of moroccan enameled terracotta tile works (Zellij) based on X-ray micro-analyses*. *Applied Radiation and Isotopes*, 82, 60–66. <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2013.07.001>