

LA TECNOLOGÍA LÁSER APLICADA A LA LIMPIEZA DE OBRAS DE ARTE. EXPERIMENTACIÓN Y APLICACIÓN

Begoña Sáiz Mauleón, Ángela García Codoñer, Ana Torres Barchino y Jorge Llopis Verdú
 Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio de la Universidad Politécnica de Valencia
 Unidad de investigación del color en el Patrimonio Arquitectónico

AUTOR DE CONTACTO: Begoña Sáiz Mauleón, bsaizma@ega.upv.es

RESUMEN: Los resultados obtenidos empleando la tecnología láser en la limpieza de obras de arte sobre distinto soporte son aquí presentados. La tecnología láser se está aplicando en el Instituto de Restauración de Patrimonio (IRP) de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) desde el momento de su creación. El objetivo de la investigación pretende un amplio conocimiento de la técnica en sus distintas aplicaciones sobre una gran variedad de soportes encontrados en las obras de arte. La determinación del alcance y sus limitaciones marcan las pautas de su empleo, investigando todos los resultados obtenidos y determinando los resultados adversos para mejorar la técnica con el objetivo de convertir la tecnología láser en la gran herramienta que augura ser (Sáiz y Piles 2001).

PALABRAS CLAVE: restauración del patrimonio, limpieza láser

El trabajo cooperativo entre grupos pluridisciplinares permite la experimentación y aplicación de las técnicas de intervención que ofrezcan el mejor resultado en la restauración y que garanticen la conservación y perdurabilidad de la obra de arte.

En el Instituto de Restauración de Patrimonio de la UPV se aplican las mejores tecnologías que están al alcance para investigar y establecer los protocolos de intervención más adecuados a la hora de restaurar las obras de arte con el fin de garantizar la pervivencia de los bienes patrimoniales. Una de las líneas de investigación experimental es el trabajo que se viene desarrollando con la aplicación de la tecnología láser en la restauración de obras de arte de muy distinto soporte.

El empleo de la tecnología láser en materia de conservación y restauración abarca un amplio espectro. La limpieza de obras de arte de distinta naturaleza, fundamentalmente la de materiales pétreos (Vergès-Belmin, 1997), ha sido uno de los campos en donde más se ha investigado y por tanto empleado la técnica, pero actualmente su aplicación en áreas de análisis y diagnóstico está ofreciendo resultados de gran interés. El LIBS (Laser Induced Breakdown Spectroscopy) y el LIB (Laser Induced Breakdown) permiten realizar el análisis in situ evitando la extracción de muestras (Melessanaki et al., 2003). La monitorización y análisis por espectroscopia de la limpieza láser es otra de las grandes alternativas que ésta técnica nos ofrece como control de la limpieza que se está realizando, (Lazic et al., 2003).

Actualmente el IRP investiga en materia de limpieza con el objetivo de ampliarlo en el análisis y diagnóstico, como técnicas complementarias a las que actualmente venimos empleando.

Los mecanismos que generan la limpieza láser permiten la realización de una limpieza selectiva. Básicamente la limpieza láser consiste en una desincrustación fotónica de las partículas de suciedad. Las capas de suciedad presentan una absorción muy alta a una longitud de onda

de 1064 nm, de modo que las partículas que conforman esta capa de suciedad son desincrustadas del soporte. Cuando el rayo interacciona sobre la superficie ya limpia gran parte de la radiación incidente es reflejada, siendo mínima la cantidad absorbida, que dependerá de la longitud de onda de la radiación y de las propiedades físico-químicas del material, determinando ambos aspectos la absorción del soporte.

La fuente láser que se emplea es un Q-Switched Nd:YAG bombeado por diodos, con una energía por pulso variable entre 5-30 mJ, con una duración de pulso de 4 ns, una frecuencia de repetición entre 0-200 Hz y una longitud de onda de emisión de 1064 nm. Las características técnicas de este láser hacen posible el empleo de un rango de frecuencias mayor que en otros aparatos de las mismas características depositando energías por pulso menores. El hecho de trabajar con fluencias menores permite una mayor selectividad en la limpieza reduciendo las posibilidades de dañar el material que se desea limpiar.

Los materiales particulares de cada una de las obras han sido analizados antes y después de la limpieza empleando la instrumentación descrita a continuación. Esto ha permitido determinar el umbral de ablación para cada uno de los materiales presentes en la obra, así como para el propio soporte.

- Lupa binocular marca Nikon, modelo SMZ800 con zoom de 10X hasta 63X, equipado con cámara fotográfica digital Nikon modelo COOLPIX950.
- Microscopio Petrográfico modelo Microphot de la Marca Nikon, con iluminación inferior y sistema de polarización equipado con sistema fotográfico Microflex UFX-Nikon.
- Microscopio Electrónico de Barrido marca JEOL, modelo JSM 6300 con sistema de microanálisis Link-Oxford-Isis, operando a 10-20 kV de tensión entre cátodo y ánodo.

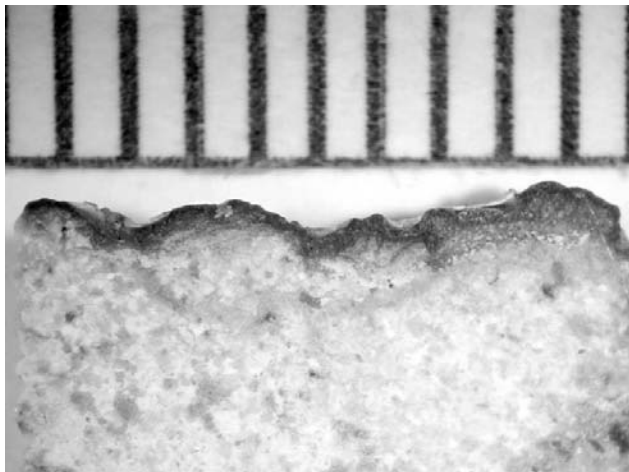


Figura 1. Sección transversal de la biocalcarenita antes de la limpieza

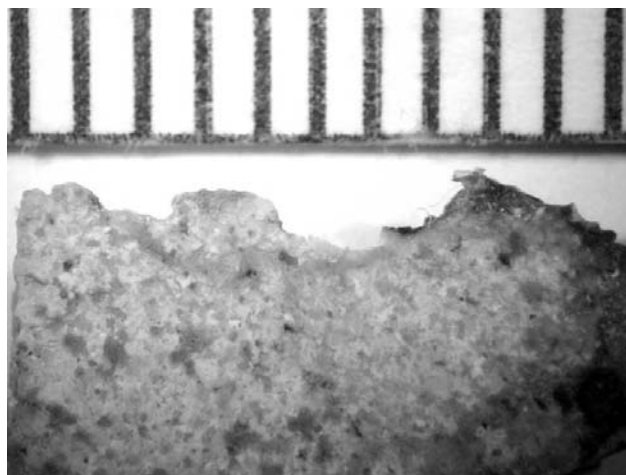


Figura 2. Sección transversal de la biocalcarenita tras la limpieza

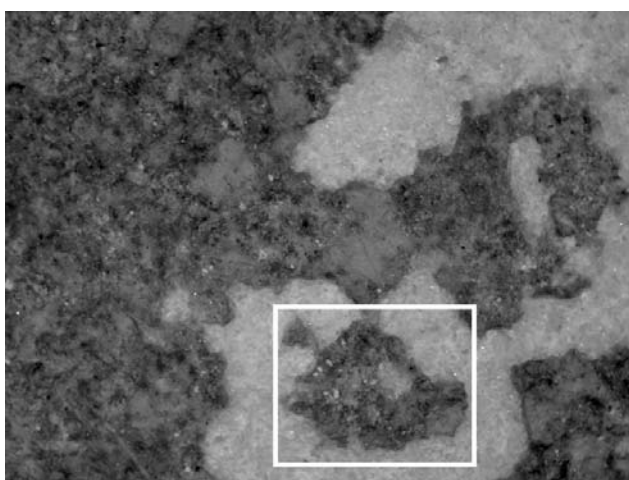


Figura 3. Cerámica vidriada islámica antes de la limpieza. 10x

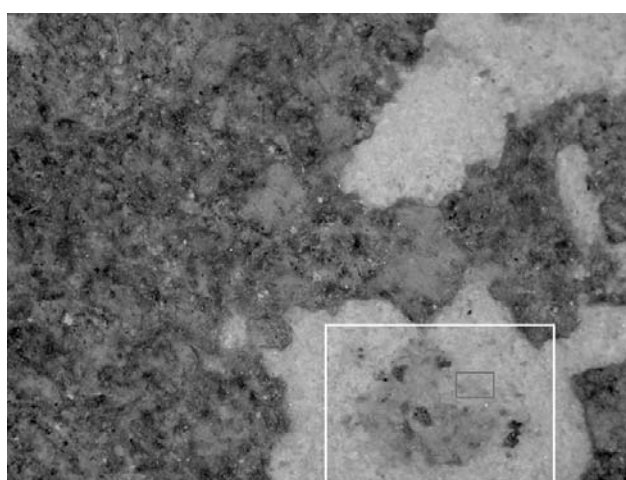


Figura 4. Cerámica vidriada islámica tras la limpieza. 10x

- Difractómetro de Rayos X marca Philips PW 1830, modelo DMP2000, operando con anticátodo de cobre. La identificación se ha realizado empleando el fichero de datos de patrones de la Internacional Centre for Diffraction Data de EE.UU.

- Espectrofotómetro de contacto Minolta, modelo CM508.

Se presentan a continuación algunos de los resultados más interesantes obtenidos con el empleo de esta técnica sobre distintos soportes.

Sobre materiales pétreos, en concreto una biocalcarenita como la que se observa en la figura 1, la sección transversal evidencia una capa de coloración terrosa subyacente a la costra negra. El estudio histórico realizado sobre la pieza y el análisis SEM/EDX demostraron lo casual de su formación, su grosor irregular y su composición asociada a materiales arcillosos depositados en superficie, (Sáiz 2003). Se decidió que ambas capas debían ser limpiadas del soporte pétreo observando el resultado que vemos en la figura 2. Dos fluencias se mostraron capaces de eliminar ambas capas. Inicialmente se trabajó en húmedo empleando una fluencia de $0,40 \text{ J/cm}^2$, realizando un primer decapado de la costra negra. Posteriormente, y a medida que nos aproximábamos al soporte pétreo se trabajó en seco y a una fluencia de $0,59 \text{ J/cm}^2$. En ambos casos la frecuencia empleada fue de 100 Hz.

El caso que se presenta a continuación corresponde a una pieza de cerámica vidriada de la época islámica investigada y restaurada

por las profesoras Elvira Aura Castro y Begoña Sáiz Mauleón, en donde la limpieza láser se mostró como la única técnica viable para la eliminación de costras de suciedad de gran dureza y fuertemente adheridas al substrato cerámico. La determinación de los parámetros óptimos de intervención resultó de gran complejidad, debido a la mala calidad de las materias primas empleadas en la elaboración de la cerámica y al pésimo estado de conservación que presentaba la pieza. La investigación desarrollada concluyó en la determinación de un protocolo de intervención distinto para cada una de las diversas zonas que presentaba la pieza, determinando de esta manera los parámetros óptimos del láser para la cubierta blanca del anverso, la decoración verde y negra, la cubierta melada del reverso y para el bizcocho, (Aura et al., 2006). Las imágenes que se muestran en las figuras 3 y 4 corresponden al antes y después de la limpieza sobre la cubierta vítrea blanca del anverso enmarcado en recuadro blanco. En este caso la limpieza se realizó trabajando a una fluencia de $0,35 \text{ J/cm}^2$ y una frecuencia variable entre 10 y 100 Hz y controlando en todo momento el proceso de limpieza a través de microscopía óptica. En la figura 4 se observa la eliminación de la costra de suciedad externa. Se observan restos puntuales de suciedad fuertemente adheridos cuya eliminación no se recomienda por la posibilidad de que la limpieza no fuera selectiva con el soporte. En el recuadro rojo se muestra el resultado de una limpieza no selectiva.

Los trabajos de restauración del Tambor de la Basílica de los Desamparados llevados a cabo por el IRP también se vieron beneficiados del empleo de la técnica láser en la limpieza de ornamentaciones de especial relevancia, figura 6.



Figura 5. Limpieza láser de uno de los capiteles del tambor de la Basílica de los Desamparados



Figura 6. Limpieza láser en el Tambor de los Desamparados de Valencia



Figura 7. Mortero antes de limpieza láser. 20x

La limpieza realizada se llevó a cabo en los diversos capiteles realizados en barro cocido y policromados con una coloración ocre tal y como se observa en la figura 5. La limpieza consistió en la eliminación de una capa de suciedad de grosor variable en función de las piezas y de su ubicación. Para ello se trabajó tanto en húmedo como en seco, con fluencias variables entre $0,40 \text{ J/cm}^2$ y $0,59 \text{ J/cm}^2$ a una frecuencia de 100 Hz. Puntualmente y para la eliminación concreciones de mayor resistencia se trabajó a una frecuencia de 10 Hz, en húmedo y a una fluencia variable entre $0,34 \text{ J/cm}^2$ y $0,51 \text{ J/cm}^2$. El resultado se observa en la figura 5.

Los trabajos de investigación realizados por los alumnos de doctorado de la asignatura Limpieza de Materiales pétreos con la Técnica Láser han ofrecido resultados interesantes sobre diversos materiales como morteros y soportes policromados, que se muestran a continuación (figuras 7, 8, 9 y 10).

En ellos se evidencia una de las grandes ventajas de la limpieza fotónica, que es la posibilidad de limpiar sobre superficies con un grado severo de alteración sin necesidad de preconsolidar el material antes de limpiarlo. En las figuras 7 y 8 pertenecientes a un mortero con el árido disgregado y poco cohesionado la limpieza se ha realizado en seco a una fluencia variable entre $0,40 \text{ J/cm}^2$ y $0,34 \text{ J/cm}^2$ y a una frecuencia entre 10 y 100 Hz.

En la figura 8 se observa como la ablación ha desincrustado las partículas de suciedad sin que se haya producido pérdida del árido superficial.



Figura 8. Mortero limpiado con láser. 20x

El último caso presentado es el de una secuencia de capas de graffiti sobre un mortero con una capa de coloración original de una fachada de un edificio histórico. Debe resaltarse el hecho de que el fragmento que se encuentra en el ángulo inferior derecho de la imagen estaba desprendido del soporte antes de la limpieza, tal y como se observa en la figura 9, y que con posterioridad a la limpieza no solo ésta se realizó sobre el fragmento desprendido sino que no se movió de su posición original. Lo interesante de este caso, además de lo comentado, es que podemos observar como la limpieza láser tiene una alta dependencia de los colores, dependiendo su eliminación de la capacidad de absorción de los mismos, además de los parámetros láser empleados (Chapman, 2000). Obsérvese como en la figura 10 el graffiti negro se elimina sin ningún problema a una fluencia de $0,40 \text{ J/cm}^2$ y a una frecuencia de 100 Hz. Obsérvese también como una vez eliminada la coloración negra el substrato siguiente ya no se muestra selectivo produciéndose el daño observado. Para esta misma capa dañada y trabajando a una fluencia de $0,34 \text{ J/cm}^2$ y a una frecuencia entre 10 el resultado fue positivo, tal y como se observa en los spots realizados sobre esta misma capa en la que se aprecia la eliminación de la capa rosacea.

A lo largo de las imágenes presentadas en el artículo se muestra las grandes posibilidades que la tecnología láser tiene en materia de limpieza de obras de arte de muy distinto soporte. La necesidad de una investigación particularizada para cada tipo de material y capas a eliminar es la que determina la optimización de la técnica concretando los parámetros óptimos de intervención para cada uno de los casos.

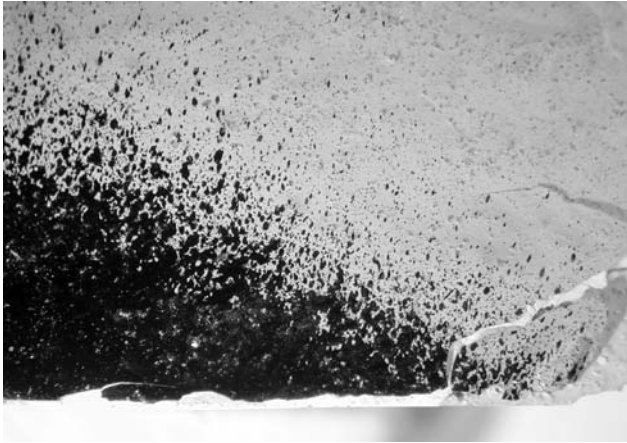


Figura 9. Graffiti antes de limpieza láser. 10x



Figura 10. Mortero tras limpieza láser. 10x

AGRADECIMIENTOS

La autora desea agradecer la colaboración en el desarrollo de las investigaciones llevadas a cabo a José Luis Roig Salom, Elvira Aura Castro, Teresa Doménech Carbó y a los alumnos de doctorado de la asignatura Limpieza de Materiales Pétreos con la Técnica Láser del curso 2005-2006, Manuel May Castillo y Andrea Eukene De Anasagasti Alvarez.

BIBLIOGRAFÍA

Aura, E., Sáiz, B., Doménech, T. y Doménech, A. (2006): "Aplicación de la técnica láser en procesos de limpieza de cerámica islámica decorada", en Preprints of the papers to the Valencia Congress. International Meeting on Heritage Conservation, 2, 3 and 4 November 2006, Valencia, 997-1008.

Chapman, S., (1999): "Laser technology for graffiti removal", in Lasers in the Conservation of Artworks, LACONA III Proceedings, 26-29 April 1999, ed. Elsevier Florence, Italy, 75-78.

Lazic, V., Colao, F., Fantoni, R., Palicci, A., Striber, J., Santagata, A., Morone, A. y Spizzicchino, V. (2003): "Spectroscopic monitoring of the laser clearing applied to ancient marbles from mediterranean areas", in Lasers in the Conserva-

tion of Artworks, LACONA V Proceedings, 15-18 September 2003, ed. Springer Proceedings in Physics, Osnabrueck, Germany, 451-456.

Melesanaki, K., Mastrigiannidou, A., Chlouveraki, S., Ferrence, S.C., Betancourt, P.P. y Anglos, D. (2003): "Analysis of archaeological objects with LMNTI, a new transportable LIBS instrument", in Lasers in the Conservation of Artworks, LACONA V Proceedings, 15-18 September 2003, ed. Springer Proceedings in Physics, Osnabrueck, Germany, 443-449.

Sáiz, B. (2003): La Limpieza de Materiales Pétreos con la Técnica Láser. Determinación de los Parámetros de Limpieza Láser para una Gárgola de las Torres de Serranos de Valencia, Tesis Doctoral.

Sáiz, B., Piles, V. (2001): La Técnica Láser como proceso de Limpieza de Rocas Ornamentales Alteradas del Patrimonio Arquitectónico, in VI Seminario Internacional Forum UNESCO, Volumen IV, 2001, Valencia, 437-442.

Vergès-Belmin, V. Comparison of Three Cleaning Methods – Microsandblasting, Chemical Pads and Q-Switched YAG Laser – on a Portal of the Cathedral Notre-Dame in Paris, France. Lasers in the Conservation of Artworks. Proceedings LACONA I. Restauratorenblätter (special issue). Kautek W, König E. Eds., Mayer & Comp., Viena, 1997, 17-24.

English version

TITLE: *Laser technology applied to cleaning works of art. test and applications*

ABSTRACT: *This paper presents the results of a study on cleaning works of art of different mediums using laser technology. From its initial creation, this technique was trialled at the Instituto de Restauración de Patrimonio (IRP) (Heritage Restoration Institute), part of the Universidad Politécnica de Valencia (UPV), with the aim of understanding how its use can be applied to varying works of art. Valuing both the potential and limitations of laser technology will allow improved methodologies of this promising technique to be established (Sáiz and Piles 2001).*

KEYWORDS: *Restoration of Cultural Heritage, laser cleaning*