

# Parámetros de las técnicas físicas y mecánicas en la limpieza de materiales constructivos

Manuel Ángel Iglesias Campos  
manuel.iglesias@ub.edu

## Introducción

En este trabajo se estudian los métodos físicos y mecánicos utilizados en la limpieza de materiales constructivos en Patrimonio Arquitectónico, y en concreto, los tratamientos con láser y con proyección de abrasivos, aunque a diferencia de las posiciones habituales, se ocupa de los parámetros específicos de estas técnicas y de su influencia en el proceso.

La limpieza, como ya es sabido y aceptado, es un proceso con el que se pretenden eliminar los depósitos superficiales y las manchas que son o pueden ser dañinas para la conservación de un material y/o dificultan la lectura y comprensión de una obra. Debe cumplir, además, unos requisitos como el garantizar el respeto a las diferentes etapas históricas, el impedir que se produzcan daños irreparables que favorezcan futuros procesos de alteración y el facilitar la aplicación de los tratamientos necesarios en otras etapas de la intervención.

La limpieza, por tanto, es un tratamiento de vital importancia para la conservación y el mantenimiento del Patrimonio Arquitectónico. Sus requerimientos indican que se trata de una de las etapas más delicadas que demanda de un seguimiento preciso debido a su carácter irreversible, y subrayan también, que se deba afrontar con una metodología específica que evite o reduzca las alteraciones que se pueden provocar.

Esta forma de entender la limpieza es fruto de la evolución que ha tenido la conservación-restauración a lo largo del siglo XX y principalmente a partir de la década de 1980, momento en el que se empieza a añadir un carácter científico-técnico y a favorecer la profesionalización de la intervención. Este avance se produjo, en esencia, al asumir la limpieza el papel de técnica fundamental para la conservación del Patrimonio y al beneficiarse del desarrollo científico y de la formación de restauradores como responsables de los trabajos.

Haciendo una revisión sobre el tema se observa que la limpieza en restauración de Patrimonio Arquitectónico es una materia ampliamente tratada. Existen publicaciones generales que describen y esquematizan los diferentes métodos, sus ventajas y sus inconvenientes (Ashurst, 1994; Ebert et al., 1997; Lazzarini y Laurenzi Tabasso, 1986; Vergès-Belmin y Bromblet, 2000), así como algunos congresos monográficos sobre el tema (Biscontin, G. y Driussi, G. eds., 1995; Webster, R.G.M. ed., 1992) y muchas revistas especializadas con artículos sobre intervenciones concretas. Sin embargo, en su enfoque predomina una interpretación basada en secuencias de tratamiento a partir de un uso comúnmente arraigado.

Si se analiza la evolución de los métodos y las investigaciones relacionadas sobre cada uno de ellos, es fácil advertir que el desarrollo e impulso de la técnica láser ha favorecido una nueva metodología en cualquier estudio de limpieza. Esta técnica nace y se desarrolla entre las décadas de 1970-1990, momento en el que se está produciendo el cambio en la forma de entender la limpieza del Patrimonio Arquitectónico y se incrementa el interés de las ciencias afines —geología, biología, química, física, etc.— sobre el tema. Así, los estudios experimentales que se llevaron a cabo sobre la limpieza láser empiezan a contemplar todas las variables que influyen en el tratamiento, a la vez que para compararla con los métodos tradicionales, en estos se empiezan a incluir parámetros técnicos más precisos.

Partiendo de estas premisas se ha tratado de desarrollar una propuesta de ejecución y evaluación de los ensayos previos in situ —y/o laboratorio— con una instrumentación sencilla que permita al restaurador afrontar la documentación y el seguimiento de la limpieza de la manera más real posible, adaptando el tratamiento a la variabilidad de situaciones que caracterizan al Patrimonio Arquitectónico. Para ello, se han estudiado los mecanismos de limpieza inherentes a los métodos físicos y mecánicos y se han establecido los parámetros más relevantes con los que fijar los rangos operativos que reducen la alteración del sustrato.

## Metodología

En esta investigación se han seguido dos líneas metodológicas: la revisión y análisis crítico y la experimentación.

Para la revisión se realizó una búsqueda bibliográfica. Debido a la cantidad de documentación existente, la bibliografía se seleccionó según criterios relacionados con los objetivos programados y cronológicamente centrada en los últimos veinticinco años. Primero se consultó bibliografía general —publicaciones en las que se compendian los diferentes métodos y técnicas—. A partir de los datos obtenidos —analizados y contrastados con la experiencia del autor en diferentes estudios e intervenciones (Iglesias Campos, 2010; Iglesias et al., 2008; Iglesias et al. 2006)—, se reseñaron los mecanismos y los parámetros de limpieza de las técnicas físicas y mecánicas, recogiendo los posibles riesgos para el material.

Tras concretar estas cuestiones, la búsqueda se dirigió hacia publicaciones en las que se estudiaban casos concretos —intervenciones reales o ensayos de laboratorio—. La primera opción fue el registro en congresos, revistas especializadas y reuniones técnicas de restauración. Estas fuentes, como aportación principal para la investigación, finalmente se desestimaron porque la mayoría no refería todos los parámetros del tratamiento y planteaba evaluaciones a visu y valoraciones no siempre justificadas en criterios objetivos —además de presentar la intervención global en el monumento y ser la limpieza, por tanto, un pequeño apartado en el que se detallaba de manera genérica la toma de decisiones—.

El estudio se derivó entonces hacia publicaciones de las ciencias afines porque tenían más en cuenta los planteamientos metodológicos que se proyectaban —definición de parámetros del sustrato, de la técnica de limpieza, y de los análisis realizados para su evaluación—.

Uno de los bloques principales de consulta han sido los estudios experimentales sobre la técnica láser. Como se ha comentado en la introducción, las investigaciones encaminadas a compararla y diferenciarla de los métodos tradicionales incluían aspectos técnicos de protocolo y evaluación mucho más precisos y evidenciaban que la comprensión de los parámetros implicados resultaba imprescindible para prever los efectos del tratamiento sobre una superficie.

En el apartado experimental se planteó la aplicación de los datos obtenidos de la revisión. Los ensayos se definieron según la disponibilidad de muestra o según proyectos de asesoría in situ vinculados a la propuesta metodológica, procurando cuando fuera posible, que los materiales tuviesen diferente composición, grado de alteración y cronología. La metodología seguida supuso en todos los casos el estudio previo de los materiales y de los depósitos superficiales y el análisis de la limpieza a partir de los parámetros seleccionados para el tratamiento.

En el trabajo, se han estudiado materiales constructivos naturales —mármol, granito, calizas compactas y porosas, y areniscas silíceas; con y sin pátinas o cromatizaciones— y materiales constructivos artificiales —revestimientos de cal, de cal-yeso, y cerámica— que presentaban depósitos naturales —costras y otros depósitos superficiales— o artificiales —pinturas que se proponían retirar—.

Las limpiezas se realizaron con equipos láser de Nd:YAG de 1064 nm y con diferentes equipos de proyección de abrasivos. Se partió siempre de un estudio preliminar del spot, trasladando los datos obtenidos a catas de limpieza. Para la evaluación se seleccionaron diferentes técnicas de análisis que informasen principalmente de las modificaciones morfológicas y texturales provocadas por la acción física y mecánica de estos tratamientos.

Así, las limpiezas se han evaluado de manera general con lupa manual, macrofotografía y técnicas ópticas de aumento (Figura 1) y para profundizar en la investigación se han analizado perfiles primarios de la superficie obtenidos mediante microscopio estereoscópico de visualización y medición en 3D (Figura 2).

En algún caso se han comparado también medidas colorimétricas anteriores y posteriores a la limpieza y se ha empleado SEM-EDX y fluorescencia inducida UV para confirmar la conservación de determinadas cromatizaciones históricas o evaluar tratamientos concretos.

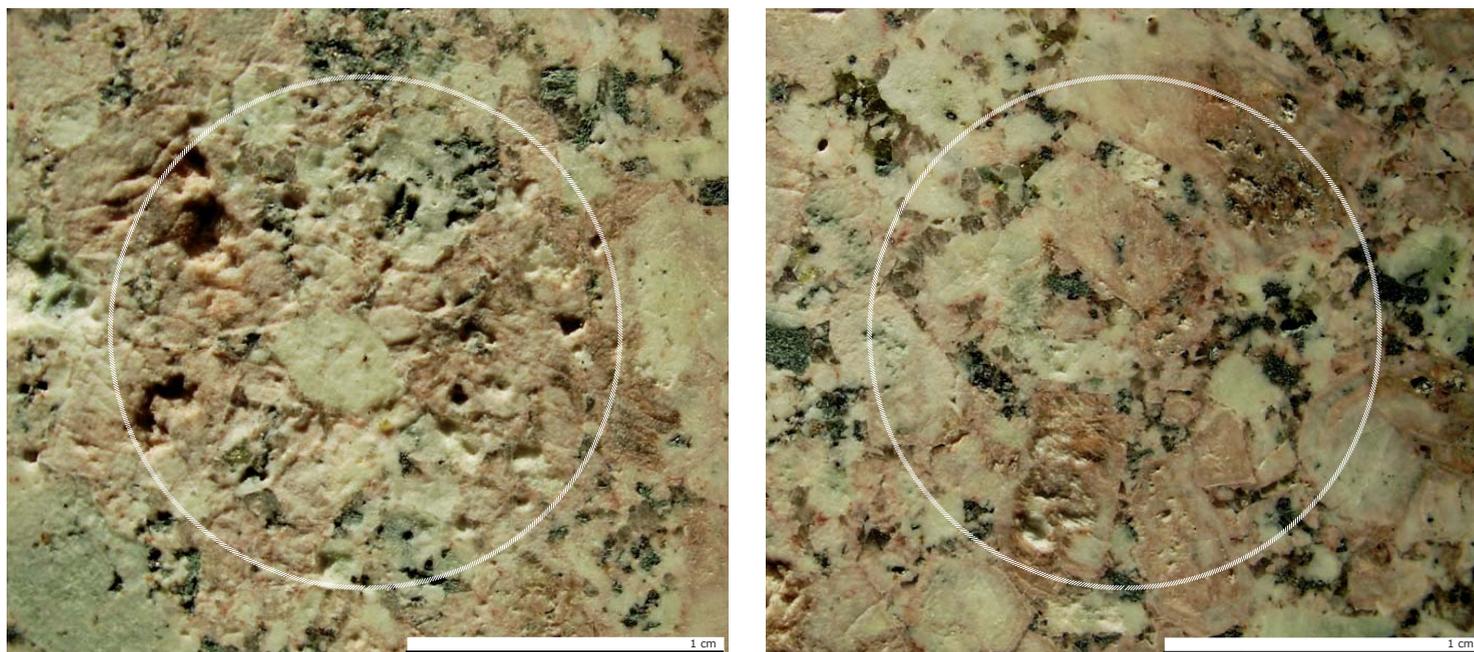


Figura 1. Macrofotografía comparativa de la zona central de un spot de proyección de abrasivos sobre un granito ensuciado artificialmente con pintura sintética en spray. Manteniendo constantes los mismos parámetros durante el tratamiento, se producía una alteración menor al modificar la forma de la boquilla.

## Discusión y conclusiones

En este trabajo de investigación se ha revisado el estado actual de la cuestión y se ha definido la limpieza a partir de la metodología de las ciencias experimentales, en las que un ensayo debe recoger todas las variables posibles en su ejecución para determinar unos parámetros concretos que se puedan reproducir posteriormente con exactitud. Esta metodología se vincula directamente con los ensayos que cualquier conservador-restaurador realiza antes de llevar a cabo un tratamiento de este tipo: las catas previas.

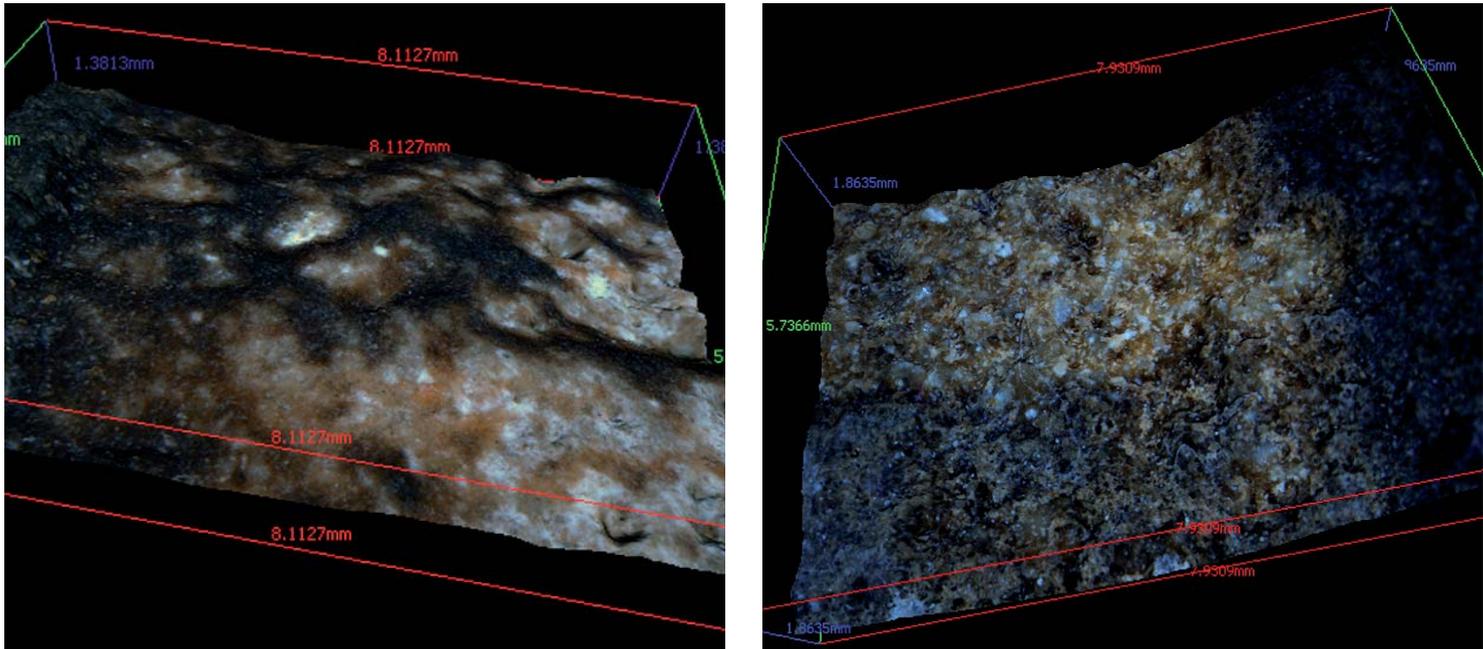


Figura 2. Limpieza de caliza micrítica con pátina ocre mediante proyección de abrasivos (derecha) y con láser (izquierda). Imagen con microscopio estereoscópico de visualización y medición en 3D con la que se observa la diferencia provocada por el tratamiento en la superficie.

Asimismo, se ha recopilado documentación científica sobre los métodos físicos y mecánicos de limpieza y sobre las técnicas de análisis utilizadas en su evaluación y ha permitido determinar los materiales, las suciedades y los parámetros técnicos de aplicación que se han estudiado en diferentes investigaciones i/o intervenciones.

También ha permitido profundizar sobre los mecanismos de limpieza inherentes de las técnicas analizadas para comprender y prever sus efectos y reducir el número de ensayos previos. Mediante los diferentes ensayos realizados se han intentado establecer los parámetros más relevantes que permitan fijar rangos operativos para reducir la alteración del sustrato.

A su vez, se ha podido evidenciar el escaso desarrollo de protocolos efectivos para definir y evaluar los tratamientos de limpieza y se ha comprobado que las recomendaciones existentes son de difícil aplicación para las necesidades reales de una intervención. Así, a partir de los datos obtenidos, se ha planteado un posible protocolo para su realización.

Se ha podido comprobar también, que la evaluación de los resultados con técnicas sencillas puede basarse principalmente en comparativas ópticas a diferentes escalas de observación y en estudios de rugosidad superficial. En los ensayos realizados estos análisis han aportado información suficiente para evaluar los efectos de la limpieza según las necesidades reales de la intervención. La observación directa y las imágenes obtenidas, complementadas con otras técnicas ópticas han ayudado a precisar la mayoría de los resultados.

Pero además de documentar el grado de limpieza conseguido, se ha tenido en cuenta que para evaluar un ensayo no solo se debe atender a la alteración provocada en el material, sino que se debe comprobar también la viabilidad económica de su aplicación ya que determinados procedimientos *seguros* pueden resultar inaplicables desde este punto de vista.

## Agradecimientos

Al Dr. Salvador García Fortes y al Dr. José Luis Prada Pérez, directores de este trabajo de investigación, a los miembros de CETEC-patrimoni y a todas las personas que apoyaron y confiaron en el proyecto.

## Bibliografía

- Ashurst, N. (1994). *Cleaning historic buildings. Vol. 2. Cleaning materials and processes.* London: Donhead Publishing.
- Biscontin, G., & Driussi, G. (Eds.) (1995). *La pulitura delle superficie dell'architettura. Atti del Convegno di Studi. Bressanone 3-6 Luglio 1995. Scienza e Beni Culturali XI.* Padova: Libreria Progetto Editore, 1995.
- Esbert, R.M. et al. (1997). *Manual de diagnosis y tratamiento de materiales pétreos y cerámicos. [Manuals de Diagnosi, nº 5].* Barcelona: Col.legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Barcelona.
- Iglesias Campos, M. (2010). *Métodos mecánicos para la limpieza de materiales constructivos: proyección de abrasivos a baja presión.* In J. Gisbert Aguilar (ed.). *La tecnología láser y otros métodos de limpieza y restauración de materiales pétreos. Documentos para la caracterización y restauración del patrimonio histórico. Cuadernos Arbotante nº 1.* Zaragoza: Libros Pórtico, 2010, pp. 29-43.
- Iglesias, M., Prada, J. L., & Guasch, N. (2008). *Estudio de la técnica de limpieza de la caliza limosa dolomitizada del mioceno de Tarragona alterada en ambiente urbano.* *Materiales de Construcción*, 58, 247-262

- Iglesias, M. et al. (2006). Low-pressure abrasive cleaning of historic building materials. In R. Fort, M. Álvarez De Buergo, M. Gomez Heras & C. Vazquez-Calvo (eds.). Proceedings of the International Heritage, Weathering and Conservation Conference (HWC-2006), 21-24 June 2006, Madrid, Spain (pp. 681-686). London: Taylor & Francis.
- Lazzarini, L., & Laurenzi Tabasso, M. (1986). Il restauro della pietra. Padova: CEDAM, 1986.
- Vergès-Belmin, V., & Bromblet, P. (2000). Le nettoyage de la pierre. Monumental. Revue scientifique et technique des Monuments Historiques, 220-273.
- Webster, R.G.M. (Ed.) (1992). Stone cleaning and the nature, soiling and decay mechanisms of stone. Proceedings of the International Conference held in Edinburgh, UK, 14-16 April 1992. London: Donhead Publishing, 1992.