

Limpieza de esculturas con láser. Técnica revolucionaria de limpieza por desincrustación fotónica

GONZALO FERNÁNDEZ (*)

RESUMEN Un capítulo importante de la conservación de nuestro Patrimonio Artístico lo constituye la limpieza de las obras de arte y, en particular, la de las esculturas expuestas a la contaminación, los humos, las agresiones atmosféricas, etc.

Los procedimientos de limpieza empleados hasta ahora, —lavado al agua, micro-arenado—, si bien proporcionan buenos resultados en la mayoría de los casos, presentan el inconveniente de ser siempre, en mayor o menor medida, agresivos con el soporte (infiltraciones, micro-abrasión, etc.).

Frente a ellos, el sistema láser, —junto al interés inherente a una velocidad muy competitiva—, ofrece la indiscutible ventaja de una actuación totalmente inocua, pudiendo aplicarse incluso sobre los soportes no consolidados, sin menoscabo de los mismos.

A continuación se describe la forma de actuación de este revolucionario sistema, herramienta ya imprescindible del restaurador.

CLEANING SCULPTURES USING LASER. REVOLUTIONARY CLEANING TECHNIQUE BY MEANS OF PHOTON DISINCRUSTATION.

ABSTRACT An important part of conserving our National Heritage constitutes cleaning works of art, and in particular sculptures exposed to the effects of pollution, smoke, the weather, etc.

Procedures for cleaning such works of art —cleaning with water and sand-blasting— have, up to now, had the disadvantage of almost always affecting the material (micro-abrasions, infiltrations) of which the sculpture is made in some way.

However, a laser cleaning system offers the undoubted advantage of leaving the material completely unaffected apart from additional advantages such as competitiveness due to its speed.

Below we describe methods of using this revolutionary system which has already become an all-important tool for many restoration professionals.

Palabras clave: Restauración de monumentos; Escultura; Limpieza; Láser; Desincrustación fotónica.

1. INTRODUCCIÓN

El sistema láser está destinado a la restauración de esculturas y otras obras de arte de nuestras catedrales, iglesias, museos y edificios singulares que, expuestas a la polución atmosférica y a la lluvia ácida, están en su mayor parte recubiertas de capas de suciedad o de una amalgama de mugre, productos en descomposición y sulfatos, como resultado de la agresión sufrida por el material soporte. El láser ofrece la enorme ventaja de pulverizar las costras negras formadas sobre diferentes tipos de materiales pétreos (granito, caliza, mármol, alabastro, yeso, ...) sin alterarlos y con velocidad de ejecución muy interesante.

Para estos trabajos de restauración fina no se contaba más que con los sistemas tradicionales. Además del lavado al agua, con chorro o a presión, generalmente se utiliza el micro-arenado, una técnica similar al chorro de arena de las

fachadas pero adaptada a obras delicadas. Aquí, la arena fina mezclada con agua es reemplazada por un polvo muy fino de aluminio (óxido de aluminio, piedra pómez) proyectado a débil presión.

Los sistemas antiguos presentan, sin embargo, numerosos inconvenientes: el agua, al infiltrarse en la piedra, puede entrañar degradaciones irreversibles, a pesar de su aportación terapéutica (eliminación de sales solubles, sulfatos, nitratos). El micro-arenado ofrece notables resultados pero requiere un manejo difícil y delicado. Casi siempre existe una micro-abrasión visible solamente al microscopio.

2. UNA TÉCNICA REVOLUCIONARIA

La palabra láser es la abreviatura de la locución inglesa Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, que literalmente significa amplificación de la luz por emisión estimulada de radiación. El principio fué descrito por Einstein en 1917.

La luz láser está, como toda luz, constituida por ondas electromagnéticas; sin embargo, y ahí reside la diferencia,

(*) Arquitecto

las ondas de la luz láser oscilan sincrónicamente tanto en el tiempo como en el espacio (coherencia). En consecuencia, posee una longitud de onda definida con precisión, de fácil enfoque (divergencia débil) y de alta intensidad.

El láser pulsado consigue estas cualidades ópticas gracias a la excitación, mediante una lámpara de destello, de una barra de Granate de Ytiro y Aluminio, dopada con Neodimio. El haz láser resultante es amplificado dentro de una cavidad resonante formada por dos espejos reflectantes y concentrado sobre la zona a limpiar por medio de una lente óptica. Es posible modificar el diámetro del impacto en función del espesor de la superficie a tratar (diámetro del haz: 7 mm, montado en un brazo telescópico).

El haz láser libera, en cada disparo, un pulso extremadamente corto. La energía vehiculada por el pulso genera un mecanismo de resonancia ultra-sonora que desincrusta los elementos extraños depositados en el transcurso del tiempo. Contrariamente a las apariencias, la suciedad no es carbonizada por el rayo de luz sino que es la onda de choque de los fotones la que, a modo de golpe de palillos sobre la superficie de un tambor, levanta las partículas de polvo depositadas.

La desincrustación fotónica es ante todo una técnica no agresiva y uno de los éxitos de este método es, precisamente, el erradicar sólo los depósitos de la superficie sin alterar el sustrato. Además el procedimiento es ecológico pues el trabajo se efectúa sin aporte de agua, arenas o disolventes.

Cuando una piedra está muy alterada llega a meteorizarse y entonces es necesaria su consolidación impregnando resinas antes de proceder a cualquier tipo de limpieza, lo que en sí mismo es ya complicado: las partículas microscópicas proyectadas por micro-arenado tienen tendencia a resbalar en la superficie resinosa, sin conseguir, por tanto, efecto alguno sobre la suciedad allí contenida.

En estos casos tan delicados, incluso sin consolidación previa de la piedra, el láser se presenta como herramienta imprescindible para el restaurador.

Se han realizado ensayos en colaboración con el Patrimonio Nacional en los que hemos observado con asombro cómo elimina óxidos sobre metales y carbonatos sobre bronce. Se abre así un nuevo camino en la aplicación de esta nueva técnica.

3. PRINCIPIO FÍSICO

Los procesos físicos de interacción utilizando láseres pulsados se clasifican según la intensidad del flujo luminoso y su absorción por la materia.

Tipo de interacción	Intensidad luminosa
Termo-elasticidad	105 a 107 watio/cm ²
Foto-ablación	107 a 108 watio/cm ²
Choque láser	108 a 1012 watio/cm ²

Régimen de Termo-elasticidad:

La intensidad luminosa sobre la muestra es inferior a 10 Megawatio/cm². El impacto láser provoca un calentamiento local muy breve. La relajación térmica de la zona crea ondas acústicas en el material. La energía luminosa no es suficiente para modificar el estado de la superficie del sustrato que reacciona de forma elástica.

Régimen de Foto-ablación:

La intensidad luminosa sobre la muestra es superior a 10 Megawatio/cm². El impacto láser provoca la vaporización de una parte de los depósitos de la superficie del material soporte. En el sustrato se crea un campo de tensiones mecánicas que generan ondas acústicas.

Régimen de Choque-láser:

La intensidad luminosa sobre la muestra es superior a 100 Megawatio/cm². El impacto láser provoca la vaporización seguida inmediatamente de una ionización. El plasma inducido se refrigera y se dilata. El material se comprime y cambian sus propiedades mecánicas en superficie.

El proceso de limpieza se enmarca dentro de los regímenes de foto-ablación y de choque-láser. Las capas de suciedad absorben totalmente la luz. Si la capa es muy fina la desincrustación fotónica se produce a través del fenómeno de vaporización de los elementos extraños. Si la capa de sucie-

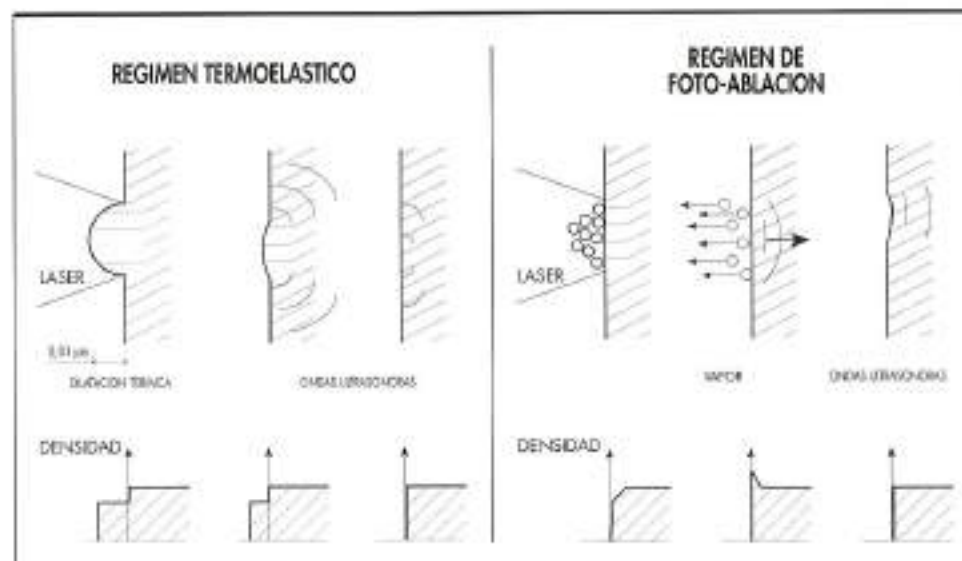


FIGURA 1.

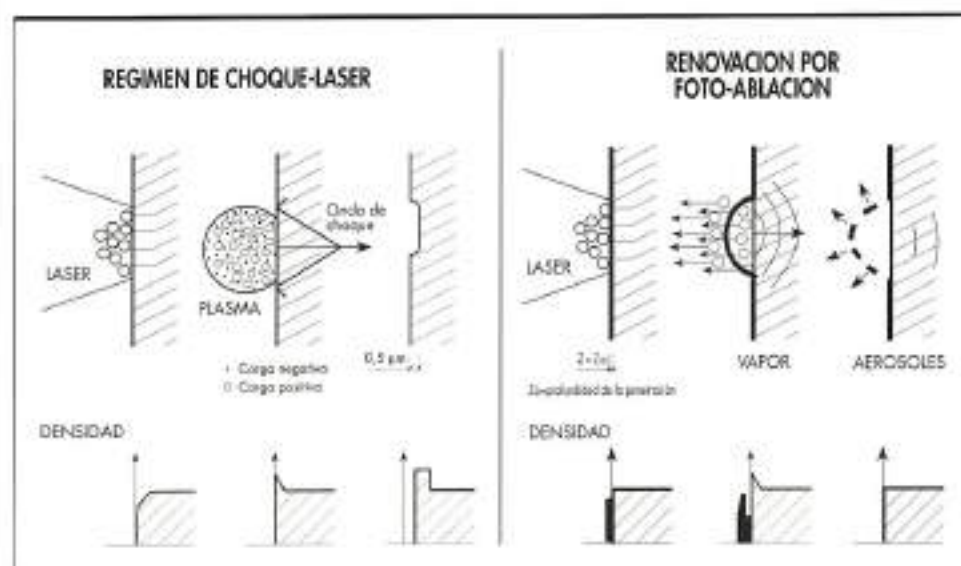


FIGURA 2.

dad es espesa el proceso de limpieza es más complejo al producirse una ionización.

El plasma al enfriarse ejerce una fuerte presión local. Esta presión genera una onda de choque que se propaga dentro del material soporte, expulsando las partículas de

pulvo. La limpieza será más eficaz cuanto más confinado esté el plasma.

En estas condiciones, la presión se localiza en la interfase entre la piedra y los depósitos de suciedad. El efecto de expulsión es máximo.

MÉTODOS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
AGUA		
Agua de ciudad (chorro, vapor)	Conservación del estado de superficie	Infiltraciones
	Eliminación de sales solubles	Enorme aporte de agua
	Acción terapéutica interna	Resultados heterogéneos
Agua a presión	Idem	Idem
	Riesgo de penetración de sales en la piedra	
MICRO-ARENADO		
Chorro de polvo fino a baja presión	Buena eliminación de la suciedad	Riesgo de abrasión
	Limpieza precisa	Empleo de gran cantidad de polvo
	Sin aporte de agua	Contaminación
PRODUCTOS QUÍMICOS		
Mezclas (MORA)	Limpieza suave	Lento reblandecimiento
	Efecto terapéutico en las sales	Difícil ejecución y aclarado
Soluciones básicas y/o ácidas	Rapidez	Agresión química de la epidermis
		Riesgo de eflorescencias en la superficie
LÁSER		
Láser pulsado de Nd: YAG	Carencia de contacto	Carencia de efecto terapéutico
	Sin materia adicional implica no abrasión	
	Amplio campo de aplicación	
	Limpieza suave, incluso en piedras frágiles, sin consolidar	

TABLA I. Comparativa de métodos para la limpieza de la piedra.



KRONSA

JET-GROUTING. MICROPILOTES. ANCLAJES.
INYECCIONES. PILOTES PREFABRICADOS.
PILOTES IN SITU. PANTALLAS. HIDROFRES/
MEJORA DEL SUELO. OBRAS MARITIMAS



Presa romana de Proserpina. (Badajoz)
Inyecciones de consolidación y cosido
del paramento de la presa.



Presa de Tous. (Valencia)
Realización en galería de pantallas
de impermeabilización y drenaje.

Oficina central:

Gral. Ramírez de Madrid, 8, 3º - 28020 MADRID
Tel. (91) 571 45 45 - Fax: (91) 571 39 12