

Sistema de Espectroscopía Láser para el Análisis de Material Arqueológico y de Obras de Arte. Reporte Preliminar

Eduardo Cunya¹ ecunya@ipen.gob.pe, Miguel Asmad² masmad@pucp.edu.pe,
Susana Petrick³ spetrick@uni.edu.pe, Flora Ugaz⁴ yachaywasi@yachaywasi.com

¹ Dpto. de Física, Instituto Peruano de Energía Nuclear, Apartado Postal 1687, Lima, Perú

² Sección Física, Pontificia Universidad Católica del Perú, Apartado postal 1761, Lima 100,
Lima, Perú

³ Escuela de Física, Universidad Nacional de Ingeniería, Apartado Postal 31139, Lima, Perú

⁴ Instituto Superior de Conservación y Restauración Yachay Wasi, calle Bolognesi 300 Miraflores,
Lima 18, Perú

Resumen

En el país se dispone de una vasta cantidad de objetos arqueológicos y de arte, de los que se precisa conocer, su origen, procedencia y composición, permitiendo con ello la posibilidad de acceder a la información de gran valor artístico e histórico. El proyecto implementa una herramienta de análisis, basada en LIBS (Espectrometría de Ruptura Inducida por Laser) para ser empleada en el reconocimiento de pigmentos sobre obras de arte y la caracterización de materiales culturales arqueológicos e históricos.

1. Introducción

La conservación y restauración de material arqueológico sea de procedencia orgánica o inorgánica es de interés en el campo de la tecnología de los materiales. El sistema que se está desarrollando es una implementación de la técnica de espectrometría de emisión atómica basada en el uso de una fuente láser de alta intensidad empleada en el reconocimiento de pigmentos sobre obras de arte y la caracterización de material arqueológico e histórico. Esta es una técnica de análisis elemental, rápido aplicable *in situ* y casi no destructivo, ofreciendo una alternativa y de complementación a otras técnicas tal como la Fluorescencia de rayos X, la espectrometría de masas o de rayos X, usados en este contexto. Nuestro país dispone de un gran número de objetos arqueológicos y de arte, de los que se desconocen, información valiosa sobre su origen o procedencia y una de las principales causas de esta falencia se relaciona con la insuficiente calidad de las técnicas de análisis de muestras, disponibles en el país. Las técnicas que se suelen usar en nuestro medio presentan dificultades tanto en la obtención de muestras así como en los métodos que disminuyen la incertidumbre de los resultados. Sin embargo, en la actualidad, -gracias al avance tecnológico- se dispone de nuevos dispositivos en instrumentación analítica, que presentan alta sensibilidad, dimensiones reducidas y bajo costo que los hacen muy atractivos y útiles en el examen de muestras; ese es el caso, del actual prototipo en desarrollo que describimos en este estudio.

2. Procedimiento Experimental

El proyecto empieza con el estudio de los efectos del uso de emisiones electromagnéticas sobre muestras de arte o material arqueológico y la selección de criterios a considerar en la conservación y preservación de material con valor histórico o artístico. Prosigue una especificación detallada de los componentes principales del sistema de análisis (véase esquema en la Figura 1). En esta etapa se diseña la fuente de luz láser, las características de operación, la disposición de los elementos ópticos esenciales, las dimensiones del prototipo, el suministro de energía al sistema, las condiciones de operación y las recomendaciones para su almacenamiento y transporte. En la etapa de integración y ensamble de los componentes, se prueba el prototipo usando material de ensayo o piezas de características similares en composición a las reales, esto permite optimizar los parámetros de análisis tales como la resolución, las dimensiones del área de análisis, el tipo de material, el rango espectral de análisis, la duración del pulso y la intensidad de la fuente láser.

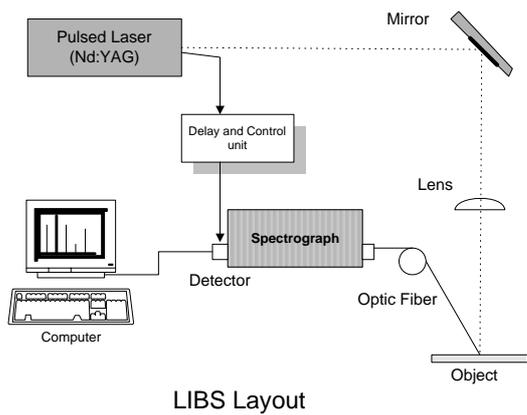


Figura 1. Esquema de un sistema LIBS.

2.1 Procedimiento

En esta etapa del proyecto se realizó la integración y disposición de los principales componentes del sistema de espectroscopía, los cuales consisten en la fuente de luz láser pulsado de 532 nm de longitud de onda y cuya energía es de 4,7 mJ/pulso; el sistema óptico, que está compuesto por un elemento no lineal denominado duplicador de frecuencia, la función de este dispositivo es obtener emisión láser UV a partir del láser primario de 532 nm., aquí sus especificaciones, KDP longitud de onda de salida: 265 – 380 nm; ángulo de efecto no lineal: 62 °; y el sistema de detección, que lo constituye un espectrógrafo de rango visible basado en dispositivos CCD (Charge Coupled Device) cuya resolución es de 1 nm, espectrografo con relación f / #: 3.0 y rango de longitudes de onda: 400 – 700 nm. Asociado al espectrógrafo se instala un tramo de fibra óptica de 200 μm de diámetro para

acoplar al espectrógrafo, la emisión producida por el plasma generado sobre el material bajo análisis.

Durante las pruebas se observó una fuerte atenuación de la intensidad del pulso láser UV como consecuencia del uso del KDP haciendo difícil la detección de la emisión en el espectrógrafo por lo que se decidió retirarlo. Empleando el láser directamente producido por la fuente de luz (532 nm) se tuvo en consideración el efecto Rayleigh producido en la muestra por la agitación térmica electrónica debido al láser incidente. Este fenómeno es controlado con el uso de un **filtro de reflexión dicróico** colocado en posición previa a la entrada del detector, eligiendo un ángulo conveniente respecto a la dirección de incidencia del haz de emisión procedente de la muestra.

En la Figura 2 se muestra la disposición de los componentes del sistema junto a la muestra bajo análisis y su interconexión con el sistema de adquisición de datos para la elaboración de los espectros.

Para la adquisición de los espectros se utiliza un programa de software que acompaña al espectrógrafo CCD, este programa es ejecutado en el SO Windows© 98 SE y con él cual se pudo obtener ficheros tanto de tipo hoja de cálculo (extensión Excel) como de formato únicamente de texto (extensión .txt)



Figura 2. Disposición de los elementos en el sistema LIBS.

3. Resultados y Conclusiones

Se obtuvieron los respectivos espectros para las siguientes muestras:

Azufre (S), Cromo (Cr), Manganeseo (Mn).

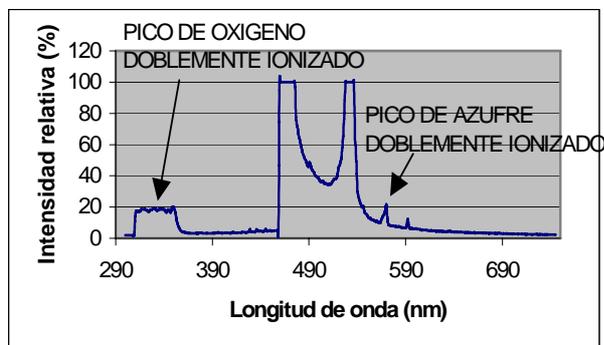


Figura 3. Espectro para muestra de Azufre (S).

El la figura 3 se muestra el espectro que corresponde a una muestra Azufre (S), en ella se puede observar la línea correspondiente a la emisión de longitud de onda del verde (532 nm) y las que probablemente pertenecen a los elementos que componen el aire, pues los ensayos se realizan en laboratorio a condiciones normales de presión y temperatura y sin lámparas de iluminación tipo diurna.

Los trabajos prosiguen en la identificación de los elementos presentes en los espectros además de la presencia de algunos compuestos tales como óxidos o sulfatos. Este procedimiento es de tipo manual y consiste en comparar los picos obtenidos con una tabla de líneas de emisión estandarizada[1]. Se ha empezado la automatización de la identificación de las líneas de emisión mediante el uso de un software que incorpore una base de datos tanto de elementos neutros e ionizados de manera que el proceso se acelere y podamos analizar mas datos en tiempos mas reducidos.

4. Agradecimientos

Deseamos expresar nuestro agradecimiento a la Dirección General de Promoción y Desarrollo Tecnológico y en especial al Dpto. de Física, quienes nos brindaron todas las facilidades para realizar las actividades programadas en la construcción del prototipo. Igualmente, nuestro reconocimiento al profesor Miguel Asmad por su ayuda y sugerencias, logrando que el proyecto empiece a dar sus primeros resultados. Finalmente, a la Dra. Susana Petrick, por su decidido apoyo en facilitar la instrumentación que demanda la implementación de la técnica.

5. Bibliografía

- [1] D. Anglos, *Laser-Induced Breakdown Spectroscopy in Art and Archaeology*. Applied Spectroscopy 55 (6), 186A-205A. 2001.
- [2] J.M. Anzano, M.A. Villoria, I.B. Gornushkin, B.W. Smith, J.D. Winefordner. *Laser-Induced Plasma Spectroscopy of Characterization Archaeological Material*. Canadian Journal of Analytical Sciences and Spectroscopy 47(5) 2002 Whatever 18 (1999) 145-151.
- [3] S. Svanberg. *Atomic and Molecular Spectroscopy: Basic Aspects and Practical Applications*. 3rd Edition Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2001.
- [4] Peter Hearing, Jan Peter Lay, Sandra Stry. *Laser in Environmental and Life Sciences*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York, 2004.
- [5] J. Reader, C. H. Corliss. *Line Spectra of the Elements" Handbook of Chemical*. 1994.
- [6] I.B. Gornushkin, B.W. Smith, H. Nasajpour, J.D. Winefordner. *Identification of Solid Materials by Correlation Analysis Using a Microscopic Laser-Induced Plasma Spectrometer*. Analytical Chemical 71, 5157-5164, 1999.