

Anexo

Grupo de investigación

La radiación óptica emitida o modificada por los objetos es una fuente de información muy importante sobre la naturaleza de los mismos, su estado, su morfología, su interacción con el medio y sobre algunos procesos físicos que ocurren en ellos. Por este motivo, además de ser una parte esencial de la Óptica, el análisis y medida de la radiación óptica es un elemento de trabajo imprescindible en multitud de disciplinas científicas y sustenta la competitividad de la industria moderna y el desarrollo de nuevos productos y procesos mejorados.

El Grupo de Investigación en Medidas de Radiación Óptica (GIMRO) del Instituto de Óptica “Daza de Valdés” del CSIC (IO-CSIC) desarrolla su investigación para que estas medidas se hagan de la mejor forma posible en cada circunstancia, desarrollando patrones y métodos de medida y estudiando las incertidumbres y limitaciones de los mismos, en los intervalos UV, visible e infrarrojo cercano.

El grupo viene participando activamente en numerosos proyectos europeos de investigación en el marco de la European Partnership on Metrology (EPM), trasladando los resultados de estos proyectos al sistema metrológico español en el ámbito de la fotometría y la radiometría, en los que el Laboratorio de Fotometría, Radiometría y Fibras Ópticas del IO-CSIC, del que forma parte GIMRO, actúa como laboratorio de referencia nacional, prestando servicio a la comunidad metrológica, científica e industrial. En este contexto, y atendiendo a necesidades identificadas por organismos internacionales como la Comisión Internacional de la Iluminación (CIE) en su agenda estratégica de investigación, el IO-CSIC está impulsando la implantación de nuevos métodos de medida y caracterización radiométrica basados en detectores matriciales y sistemas gonioespectrofotométricos de alta precisión.

Investigadores del grupo:

Alejandro Ferrero Turrión (director del doctorado). <https://orcid.org/0000-0003-2633-3906>

Joaquín Campos Acosta. <https://orcid.org/0000-0001-6527-1440>

Pablo Santafé Gabarda. <https://orcid.org/0000-0001-6319-8091>

Línea de investigación: Medida del scattering en volumen

La actividad que se quiere realizar es dar continuidad a la caracterización óptica de los materiales, que se viene desarrollando en el laboratorio desde hace dos décadas, y específicamente la caracterización multidimensional de materiales translúcidos. Estas medidas complejas, donde se deben evaluar distribuciones espectrales, espaciales y angulares, se han venido desarrollando con un gonio-espectrofotómetro instalado en uno de los laboratorios del grupo, en un trabajo continuado enmarcado dentro de los proyectos de EURAMET. En concreto, es excepcionalmente compleja la medida de la “función de distribución de reflectancia por *scattering* bajo la superficie” (BSSRDF, *bidirectional subsurface scattering reflectance distribution function*), que permite caracterizar la función de fase de los materiales, así como sus coeficientes de *scattering* y absorción. Debido a su complejidad, no existe todavía un Instituto Nacional de Metrología capaz de ofrecer el servicio de medir la BSSRDF. En general, la evaluación óptica de materiales translúcidos adolece de un sistema de procedimientos metrológicos que aseguren la trazabilidad de los resultados al Sistema Internacional de Unidades.

El trabajo a realizar en este doctorado tiene distintos ámbitos de aplicación, como por ejemplo en la caracterización de los parámetros ópticos de los materiales necesarios para resolver la *Radiative Transfer Equation*, la producción de *tissue mimicking phantoms*, en el ámbito del alumbrado, o la renderización de objetos virtuales para comercio electrónico y productos audiovisuales.

Esta caracterización se realiza mediante la medida precisa no solo de la BSSRDF, sino también de otras magnitudes complementarias como la BRDF (*Bidirectional Reflectance Distribution Function*) y la BTDF (*Bidirectional Reflectance Distribution Function*), que permiten la caracterización de materiales opacos u ópticamente delgados. El goniospectrofotómetro, constituye una herramienta esencial para la validación de modelos ópticos de *scattering*, la comparación entre métodos de medida y la calibración de materiales y componentes ópticos empleados en sistemas de iluminación, energía solar y detección remota.

El equipo de investigación tiene una dilatada trayectoria en esta línea de investigación, y ha contribuido en los últimos años al desarrollo de técnicas novedosas para la caracterización de materiales translúcidos.

Estás son sus más recientes publicaciones directamente relacionadas con la medida del scattering en volumen:

- P. Santafé-Gabarda, A. Ferrero, N. Tejedor-Sierra, and J. Campos, "Primary facility for traceable measurement of the BSSRDF," *Opt. Express* 29, 34175-34188 (2021).
- Ferrero, J. R. Frisvad, L. Simonot, P. Santafé, A. Schirmacher, J. Campos, and M. Hebert, "Fundamental scattering quantities for the determination of reflectance and transmittance," *Opt. Express* 29, 219-231 (2021).
- P. Santafé-Gabarda, L. Gevaux, A. Ferrero, T. Fontanot, J. Audenaert, Y. Meuret, G. Obein, and J. Campos. "Development and comparison of primary facilities for traceable BSSRDF measurements." *Journal of Optics* 26, no. 3 (2024): 035601.
- J. Fu, T. Quast, S. Teichert, M. Pastuschek, A. Schirmacher, P. Santafé-Gabarda, K.-O. Hauer, and A. Ferrero. "Accurate characterisation of optical diffuse transmission—primary facility and extension to translucent samples." *Metrologia* 61, no. 4 (2024): 044001).

Tesis doctoral realizada en este campo:

- Pablo Santafé Gabarda, "Desarrollo de una escala de medida de la reflectancia bidireccional con componente de "scattering" sub-superficial (BSSRDF) en el rango visible", (2024) <https://digital.csic.es/handle/10261/386068>