

EVALUACIÓN DE MODOS DE IMAGEN POLARIMÉTRICA EN UNA CÁMARA DE NIEBLA MEDIANTE EL USO DEL CONTRASTE DE IMAGEN

AUTORES:

Maria BALLESTA-GARCIA, Sara PEÑA-GUTIÉRREZ, Aina VAL, Santiago ROYO
Centre for Sensors, Instruments and Systems Development (CD6), Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

INTRODUCCIÓN

Cuando la luz se propaga a través de un medio turbio, la luz se atenúa antes de lo que se pierden las propiedades polarimétricas iniciales de la iluminación. Este fenómeno se conoce como efecto de memoria de la polarización [1,2]. En general, en estas condiciones, las imágenes polarimétricas muestran mejores contrastes que las imágenes de intensidad. Un contraste mayor facilita la distinción y detección de elementos sumergidos en este tipo de medios [3-5].

En este póster presentamos un estudio sobre el rendimiento de distintos modos de imagen en un medio turbio, comparando imágenes de intensidad y diferentes tipos de imágenes polarimétricas mediante el uso del contraste de Michelson entre muestras constituidas por materiales cotidianos y su fondo, a través de un medio simulador de niebla. Consideramos que contrastes por debajo del 5% no permiten la distinción del objeto [8]. Se ha querido demostrar que en estas condiciones el contraste en las imágenes de modos polarimétricos es mayor que en las de intensidad.

EXPERIMENTO Y MÉTODOS

Se diseñó y construyó una cámara de niebla a pequeña escala, en la cual el nivel de niebla se controla a través de la transmitancia de un haz láser medida longitudinalmente (Fig. 1).

Las muestras analizadas fueron: una hoja de papel blanco, una muestra de poliestireno expandido (EPS) gris, un objeto metálico, y un trozo de madera; colocadas en un soporte tal y como se muestra en la fotografía de la Fig. 1. El borde del soporte fue recubierto con una cinta adhesiva óptica absorbente y fue considerado como el fondo de la imagen.

Para iluminar se utilizó una fuente de luz blanca con un polarizador lineal debidamente alineado en el ángulo azimutal a 0° respecto a la horizontal; y como detector, se usó una cámara polarimétrica PHX050S-PC de Lucid Vision Labs Phoenix. Esta cámara es capaz de recuperar las imágenes de las tres primeras componentes del vector de Stokes (S0, S1 y S2), relacionadas con la polarización lineal. Con estos datos es posible calcular las imágenes de los parámetros que se muestran en la tabla 1 [5,6].

Para evaluar el rendimiento de los distintos modos de imagen se usó el contraste de Michelson [7], en donde I_{obj} es la intensidad media de la muestra de interés y I_{bg} es la intensidad media del fondo:

$$C = \frac{|(I_{obj} - I_{bg})|}{(I_{obj} + I_{bg})}$$

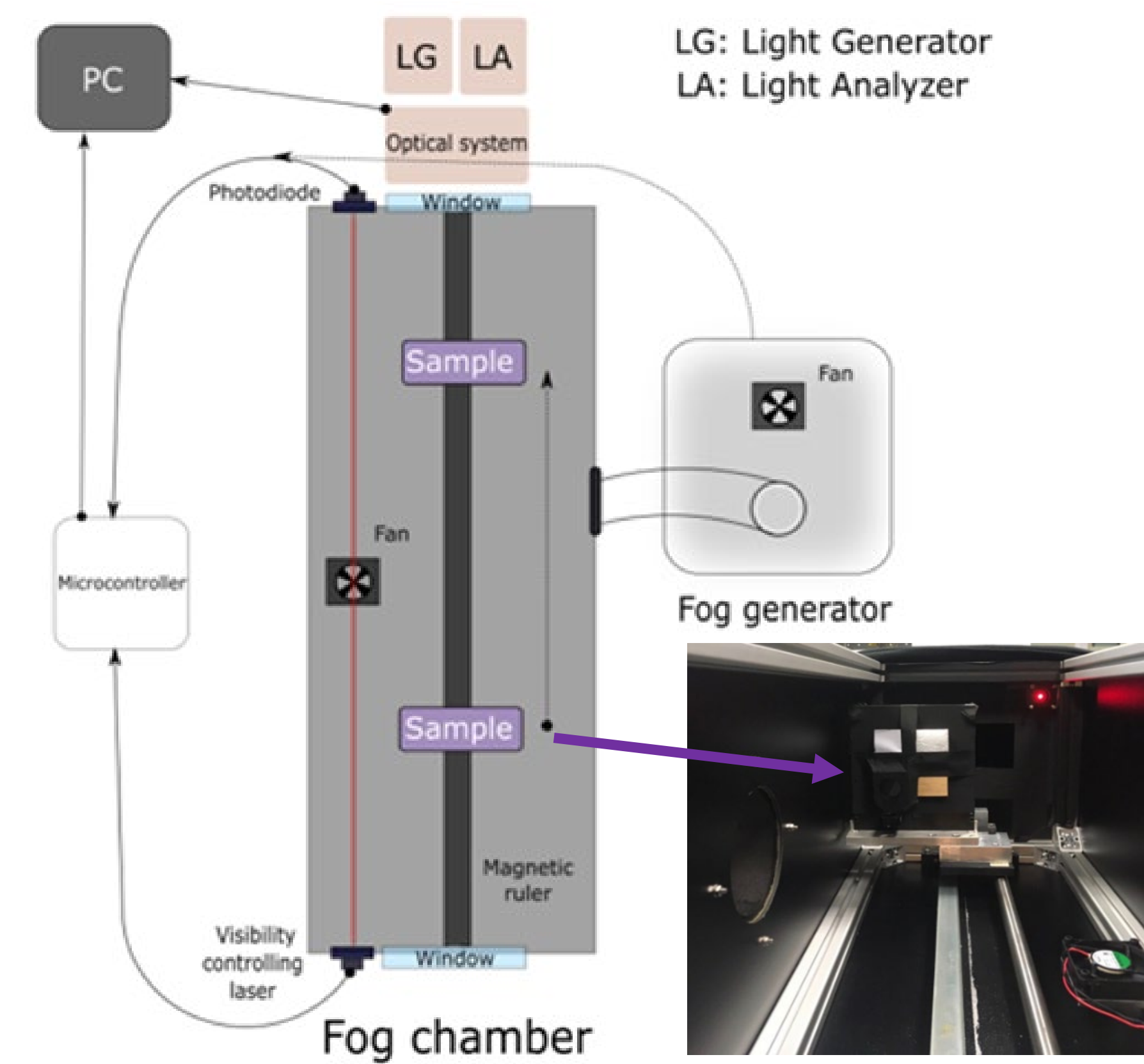


Tabla 1: Modos de imagen usados en este estudio

Modo de imagen (inglés)	Abv.	Cálculo
Intensity / Stokes 0	INT/S0	$0^\circ + 90^\circ = 45^\circ + 135^\circ$
Stokes 1	S1	$0^\circ - 90^\circ$
Stokes 2	S2	$45^\circ - 135^\circ$
Co-polarized	CO	0°
Cross-polarized	CROSS	90°
Degree of linear polarization	DOLP	$\frac{S1^2 + S2^2}{INT}$
Differential polarization	DIFF	$CO - CROSS$
Degree of co-polarization	POL	$DIFF/INT$

Figura 1. Esquema del montaje experimental construido, mostrando una fotografía del soporte con las muestras.

REFERENCIAS

- [1] M. XU, R. R. ALFANO, "Random walk of polarized light in turbid media", 2005.
- [2] F. C. MACKINTOSH, et al., "Polarization memory of multiply scattered light", 1989.
- [3] F. GOUDAIL, J. S. TYO, "When is polarimetric imaging preferable to intensity imaging for target detection?", 2011.
- [4] T. NOVIKOVA, et al., "Contrast evaluation of the polarimetric images of different targets in turbid medium: possible sources of systematic errors", 2010.
- [5] R. E. NOTHDURFT, Y. GANG, "Effects of turbid media optical properties on object visibility in subsurface polarization imaging", 2006.
- [6] D. L. HICKMAN, et al., "Polarimetric imaging: system architectures and trade-offs", 2018.
- [7] E. PELI, "Contrast in complex images", 1990.
- [8] E. Dumont, "Extended Photometric Model of Fog Effects on Road Vision", 2004

RESULTADOS

La Fig. 2 muestra un ejemplo de las imágenes obtenidas para los distintos modos de imagen evaluados, en el caso de no tener niebla ($T = 1$) y en el caso de mucha niebla ($T < 0.1$).

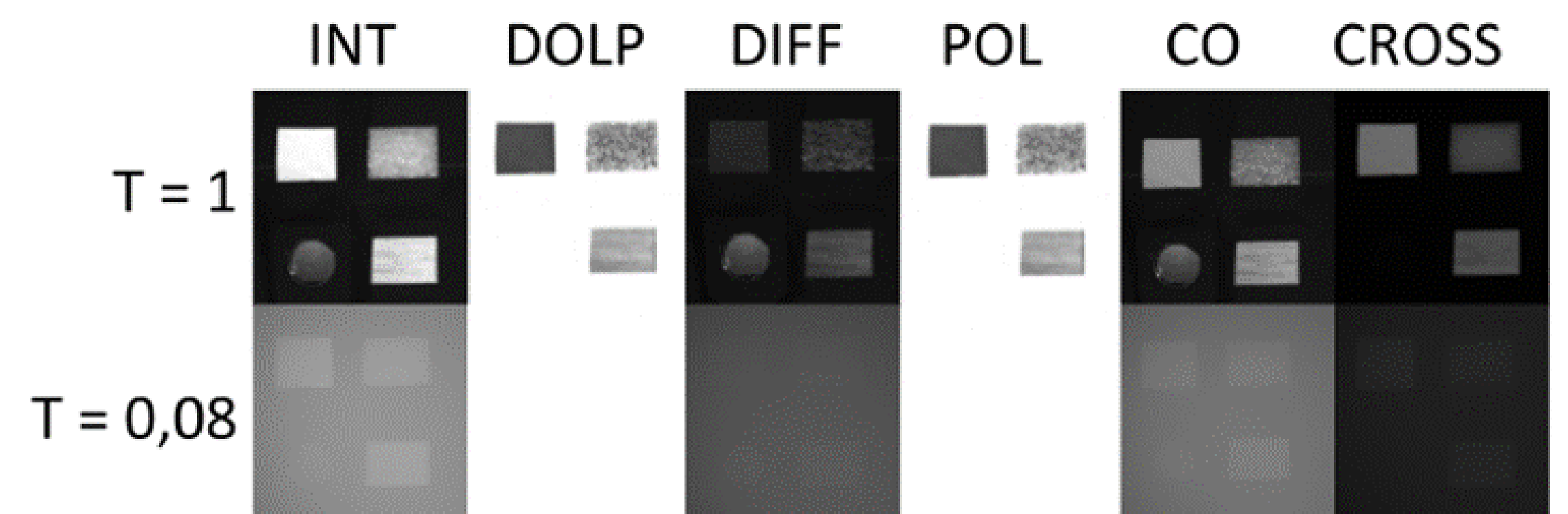


Figura 2. Imágenes de las muestras para los diferentes modos de imagen estudiados a dos transmitancias distintas, dispuestas en filas diferentes.

La Fig. 3 muestra la evolución del contraste entre la muestra seleccionada y el fondo de los diferentes modos de imagen descritos en la tabla 1, para los cuatro materiales considerados: a) papel, b) EPS, c) metal y d) madera. En cada subfigura el rango de transmitancia menor ha sido ampliado para poder observar mejor el comportamiento del umbral de contraste (5%).

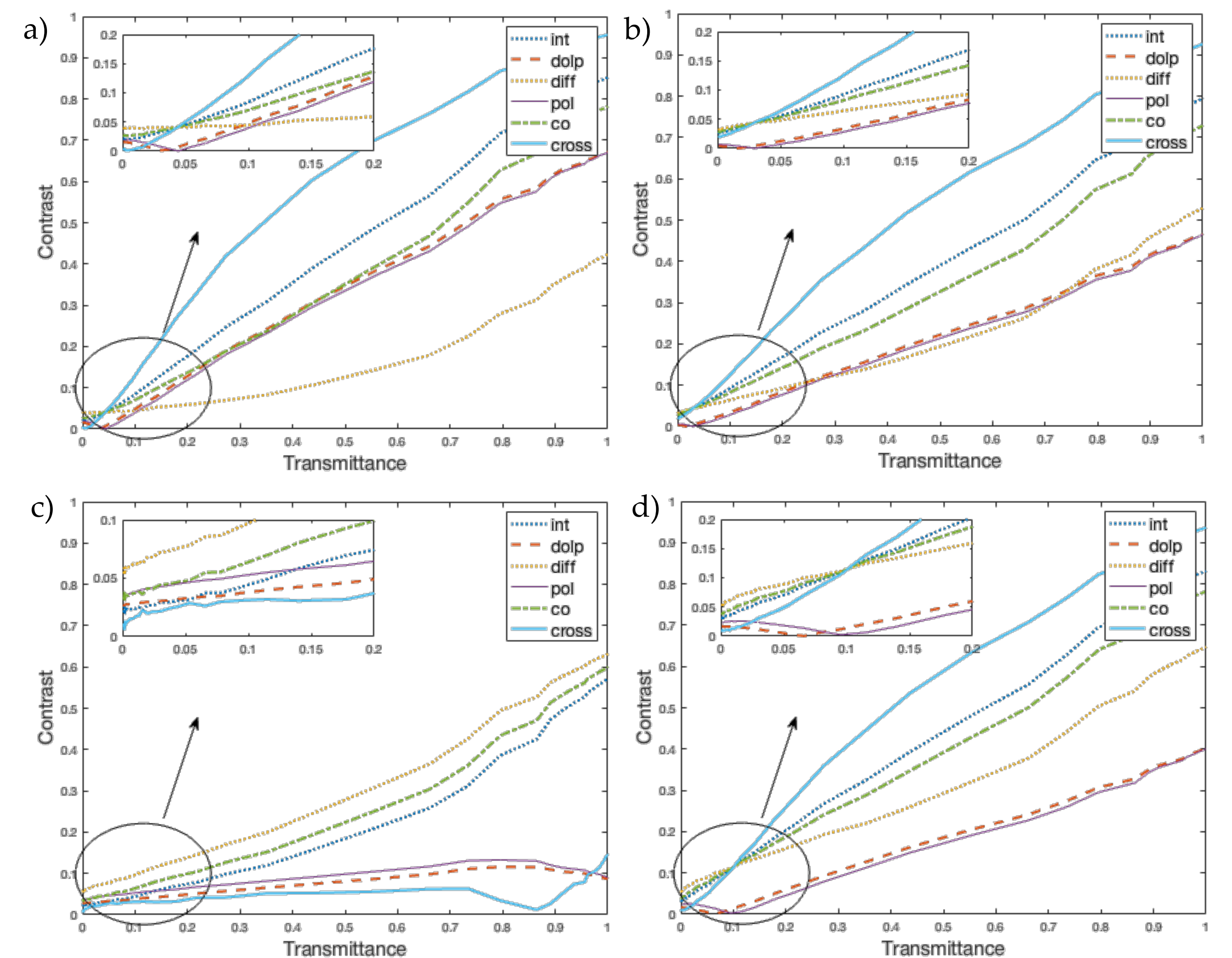


Figura 3. Contraste de Michelson calculado para distintas transmitancias entre la muestra y el fondo para: a) papel, b) EPS, c) metal y d) madera.

CONCLUSIONES

- En todas las muestras, para transmitancias muy pequeñas, la imagen con mayor contraste es la imagen de polarización diferencial (DIFF), siendo el primer modo en superar el umbral de contraste del 5% en algunos casos. Para mayores transmitancias, este resultado se mantiene para la muestra metálica; mientras que, para los materiales de características dieléctricas, la imagen que presenta mejor contraste pasa a ser la de polarización cruzada (CROSS), debido al efecto de filtrado de la dispersión de la niebla de este canal.
- Este estudio demuestra que la imagen polarimétrica puede permitir superar el umbral de distinción en situaciones en que la imagen de intensidad ofrece un contraste por debajo del 5%. Esta mejora en el contraste tiene el potencial de facilitar la detección y segmentación de objetos en medios turbios con visibilidades reducidas. Es por ello que los modos de imagen polarimétrica se presentan como una alternativa interesante a la imagen de intensidad en niebla, sobre todo en transmitancias pequeñas.

