

Parodi, Miguel Ángel ; Benedetto, Orlando

Determinación del Brillo de Negatoscopios con un modelo Lambertiano

Energeia, Año 10, N° 10, 2012

Este documento está disponible en la Biblioteca Digital de la Universidad Católica Argentina, repositorio institucional desarrollado por la Biblioteca Central "San Benito Abad". Su objetivo es difundir y preservar la producción intelectual de la Institución.

La Biblioteca posee la autorización del autor para su divulgación en línea.

Cómo citar el documento:

Parodi, M. A., Benedetto, O. Determinación del Brillo de Negatoscopios con un modelo Lambertiano [en línea]. *Energeia*, 10(10), 2012. Disponible en: <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/revistas/determinacion-brillo-negatoscopios.pdf> [Fecha de consulta:]

Determinación del Brillo de Negatoscopios con un modelo Lambertiano

Lic. Miguel Angel Parodi^(1,2,3,4,6) y Lic. Orlando Benedetto^(3,4,5)

1 Facultad de Cs. Exactas, Ingeniería y Agrimensura - UNR

2 Instituto de Física Rosario – CONICET / UNR

3 Instituto Superior de Tecnología Médica

4 Universidad Tecnológica Nacional – Regional Rosario

5 Facultad de Ciencias Médicas - UNR

6 Facultad de Química e Ingeniería – UCA

Resumen. En este trabajo se propone un método experimental simple para medir indirectamente la luminancia de una región circular en el centro de la superficie de diagnóstico de un negatoscopio. La determinación de la luminancia se hace a partir de mediciones de iluminación realizadas con un luxómetro en un cuarto oscuro y a una distancia fija de la superficie luminosa. La hipótesis fundamental del modelo teórico empleado es que la superficie del negatoscopio, en el centro del mismo, obedece la Ley de Lambert. El alto valor del coeficiente de correlación, 0.9998, calculado para los datos experimentales en la representación gráfica lineal elegida, señala que la superficie del negatoscopio se comporta como lambertiana con gran aproximación. El procedimiento empleado, además, permite determinar la luminancia con una incerteza relativa del orden del 2%. En suma, el método prueba ser eficiente y económico para el control de calidad de los negatoscopios empleados actualmente en muchos centros de salud de la región.

Introducción

En Radiología Convencional, el diagnóstico médico a partir de imágenes analógicas obtenidas en placas, debe hacerse observando las mismas colocadas sobre la superficie traslúcida de una caja con una fuente luminosa en su interior, habitualmente lámparas fluorescentes. Tanto la luminancia de la superficie observada del dispositivo, denominado negatoscopio, como la iluminación ambiental están estandarizadas por diversas normativas internacionales.

A continuación se hace reseña de las definiciones básicas de Fotometría, empleadas para cuantificar la luminancia de una superficie. En particular, se define la condición que debe cumplir una superficie luminosa para considerarla *lambertiana*.

La luminancia o brillo de un elemento de superficie luminosa en la dirección θ es

$$B_{\theta} = \frac{dI_{\theta}}{dA \cos \theta}$$

donde dI_{θ} es la Intensidad de flujo luminoso en la dirección θ , dA es el área del elemento de superficie y θ es el ángulo entre la dirección del rayo y la normal al elemento de superficie (Fig. 1).

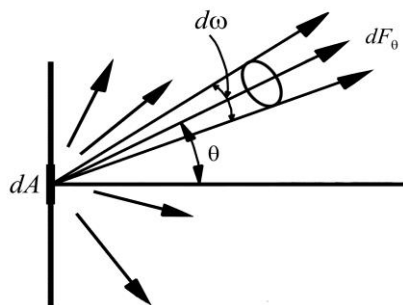


Figura 1. Superficie emisora de luz. Un elemento de superficie emite con intensidad dI_{θ} en la dirección del rayo que forma el ángulo θ con la normal. Se representa el diferencial de ángulo sólido $d\omega$ subtendido desde el centro del elemento de superficie.

La intensidad dI_{θ} se define como la relación del flujo luminoso (en lúmenes) en la dirección θ al elemento de ángulo sólido $d\omega$ (en estereoradianes) subtendido en esa dirección

$$dI_{\theta} = \frac{d(\Delta F)_{\theta}}{d\omega}$$

Las unidades internacionales de la intensidad de flujo y de la luminancia son 1 lumen / estereoradián=1 *candela* y 1 *candela* / m², respectivamente.

Definición: Una superficie luminosa se denomina *lambertiana* cuando para todo punto de ella se cumple la *Ley de Lambert* -donde dI_n es la intensidad luminosa en la dirección de la normal.

Para una superficie lambertiana la luminancia es *constante*:

$$dI_{\theta} = dI_n \cos \theta$$

Es decir, B_{θ} no depende de la dirección de observación de la superficie. Por tanto el brillo de una superficie lambertiana se escribirá simplemente B . La Tabla 1 muestra valores de luminancia a fines comparativos, para algunas superficies consideradas lambertianas:

Tabla 1	
Superficie del sol	$2 \times 10^9 \text{ cd / m}^2$
Lámpara fluorescente	$6 \times 10^3 \text{ cd / m}^2$
Cielo claro	$3.2 \times 10^3 \text{ cd / m}^2$
Superficie de la luna	$2.9 \times 10^3 \text{ cd / m}^2$

Definición: *Illuminancia o Iluminación*

La Fig.2 muestra una fuente luminosa puntual S que ilumina una superficie plana. El elemento de ángulo sólido $d\omega$ ilumina con el flujo luminoso dF el elemento de superficie de área dA que dista la distancia r de S.

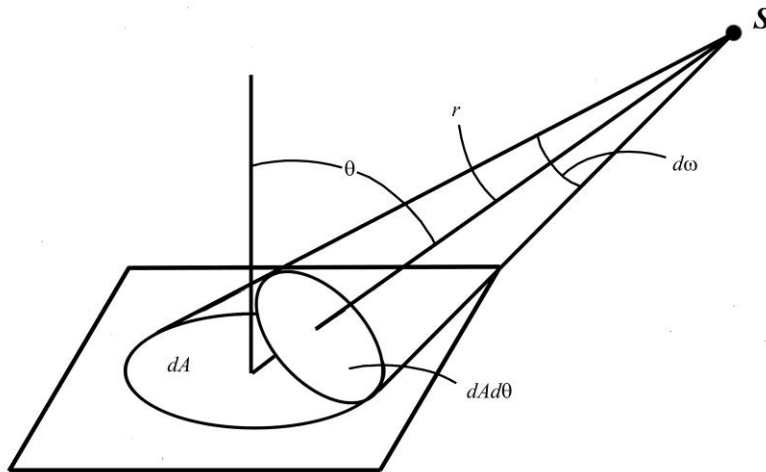


Figura 2. Superficie iluminada por un foco puntual. El rayo central forma el ángulo θ con la normal. Se representa la proyección del elemento de superficie de área dA sobre el plano transversal a la dirección del rayo. El área de la superficie proyectada vale $dA \cos \theta$.

Se define *iluminancia o iluminación E* a la relación

$$E = \frac{dF}{dA}$$

La unidad de la iluminancia es 1 *lumen* / m², que se denomina 1 *lux*.

En la Fig. 2 la intensidad de flujo luminoso sobre el elemento de superficie dA es

$$I = \frac{dF}{d\omega}$$

De la figura, además, resulta que $dA \cos \theta = r^2 d\omega$. Despejando el diferencial de ángulo sólido $d\omega$ de esta ecuación y reemplazando en la ecuación (5) podemos escribir el diferencial de flujo

$$-dF = \frac{I dA \cos \theta}{r^2}$$

Finalmente, de la ec. 4, la iluminación E del elemento de superficie resulta

$$E = \frac{I \cos \theta}{r^2}$$

Iluminación producida por una superficie lambertiana extensa

Calcularemos la iluminación producida en un punto P perteneciente a la recta normal a una superficie lambertiana circular de radio a (Fig. 3).

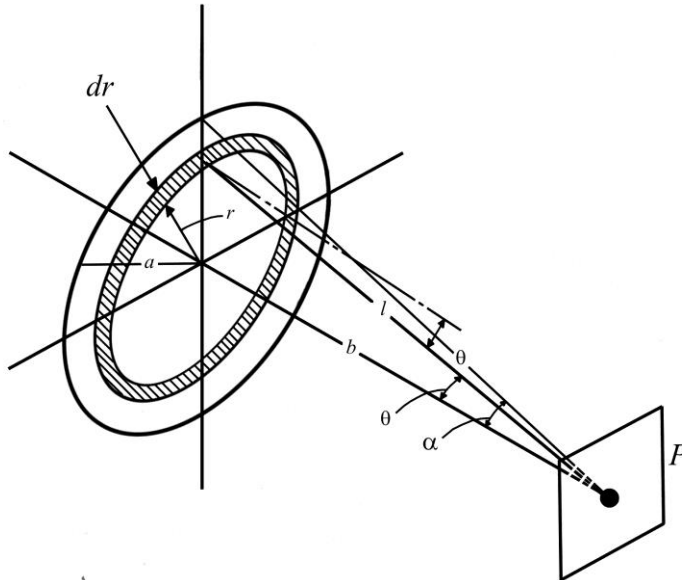


Figura 3. Superficie lambertiana circular. La intensidad de flujo luminoso en P resulta de la superposición de las intensidades ΔI_θ producidas en P por cada corona de radio r y ancho dr que subtende el ángulo θ con la normal a la superficie.

Llamaremos dA el área diferencial de un elemento de la corona de radio r , ancho dr y área $\Delta A = 2 \pi r dr$ (Fig.3). La intensidad de flujo luminoso en P producida por esta corona resulta de sumar las intensidades en P generadas por cada uno de los elementos, que de acuerdo con la ec. 3, se escriben

$$dI_\theta = B dA \cos \theta$$

donde B es constante y θ es el ángulo formado por el rayo proveniente del elemento dA y la normal a la superficie. Integrando sobre la corona resulta

$$\Delta I_\theta = \int B \cos \theta dA = B \cos \theta 2 \pi r dr$$

La iluminación en P debida al elemento de corona dA , de acuerdo a la ec. 6, se escribe

$$dE = \frac{dl_{\theta} \cos \theta}{\ell^2}$$

La iluminancia en el punto P producida por toda la corona infinitesimal de radio es

$$\Delta E = \int dE = \int \frac{dl_{\theta} \cos \theta}{\ell^2} = \frac{\cos \theta}{\ell^2} \int dl_{\theta} = \frac{\cos \theta}{\ell^2} \Delta l_{\theta}$$

Reemplazando en la ecuación anterior Δl_{θ} según la ec. 7, resulta

$$\Delta E = \frac{\cos \theta}{\ell^2} B \cos \theta 2 \pi r dr$$

De la Fig. 3 se tiene que $dr \cos \theta = \ell d\theta$

Reemplazando en la ec. 8

$$\Delta E = 2 \pi B \sin \theta \cos \theta d\theta$$

Integrando entre 0 y α (ver Fig. 3), resulta la iluminación total en P:

$$E = \int_0^{\alpha} 2 \pi B \sin \theta \cos \theta d\theta = 2 \pi B \frac{\sin^2 \alpha}{2}$$

De la Fig. 3 se tiene $\sin \alpha = \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}$

De manera que la iluminancia total en P, dada por la ec. 9, queda finalmente

$$E = \frac{B \pi a^2}{a^2 + b^2}$$

donde a es el radio de la superficie circular de la Fig. 3 y b la distancia entre su centro y el punto P.

Reescribiendo la ec. 10,

$$E = \frac{B \pi}{1 + \left(\frac{b}{a}\right)^2}$$

Y definiendo

$$u = \frac{1}{1 + \left(\frac{b}{a}\right)^2}$$

entonces puede escribirse la iluminación en P como una función lineal en u:

$$E(u) = B \pi u$$

Instrumento utilizado



Figura 4 a. Luxómetro Tenmars TM - 201 con su sonda con sensor de fotodiodo y filtro. Se observa el implemento cilíndrico construido para medir brillo con el negatoscopio en condiciones normales de funcionamiento.



Figura 4 b. Luxómetro Tenmars TM - 201 con el implemento calzado en la sonda. El conjunto se apoya en la superficie difusora del negatoscopio encendido en condiciones normales de funcionamiento.

Dispositivo Experimental

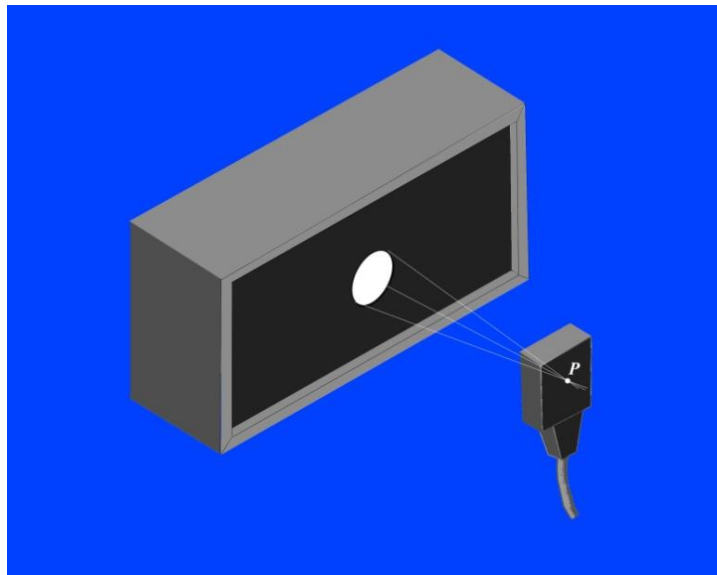


Figura 5. El negatoscopio se cubre con una máscara negra con un agujero circular que deja pasar la luz de la superficie difusora. La experiencia se realiza en un cuarto oscuro. El punto P pertenece a la normal que pasa por el centro de la superficie circular y se sitúa en el fotodiodo en la sonda del luxómetro.

Resultados

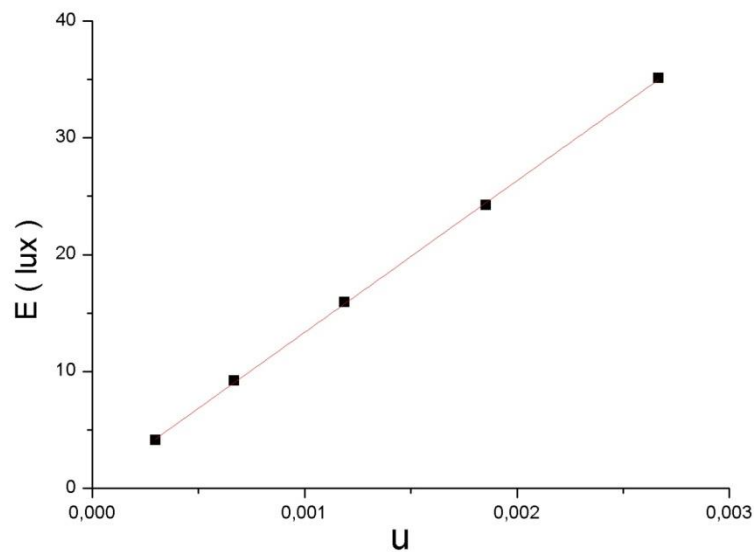


Figura 6. Gráfica de iluminancia versus u. La distancia b es de 30 cm y se emplean 5 agujeros circulares de 15, 20, 25, 30 y 35 mm de diámetro. Los cuadrados negros son los puntos experimentales. El segmento rojo representa el ajuste lineal con el método de mínimos cuadrados.

Parámetro	Valor	Error
h	0,36118 lux	0,16923 lux
m	12984,76873 (cd x str)/m ²	107,00466 (cd x str)/m ²
R		-

$$B = (4130 \pm 40) \text{ cd/m}^2$$

Parámetro	
Brillo de radiología	>1700 cd/m ²
Brillo de mamografía	> 3000 cd/m ²
Iluminación ambiental	≤ 50 lux
Uniformidad de brillo en el mismo negatoscopio	≤ +/- 30%
Uniformidad de brillo entre distintos negatoscopio	≤ +/- 15%

Los intervalos para los diferentes parámetros son establecidos por:

Brillo : CEC, 1996a; DIN 6856-1, 2007; CEC, 2006.

Iluminación ambiental: Moores, 1987; CEC, 2006.

Uniformidad: CEC, 1996a; OMS, 1984; DIN 6856-1; CEC, 2006.

European guidelines on quality criteria for diagnostic radiographic images. EUR 16260.

CEC 1996

CONCLUSIONES

- Se desarrolla un procedimiento experimental para determinar la luminancia de una zona circular de la superficie difusora de un negatoscopio midiendo la iluminancia en un punto perteneciente a la normal en el centro del círculo
- El método experimental aplicado permite medir la luminancia de la región central de un negatoscopio con una incerteza del 1%
- El valor 0.9999 del coeficiente de correlación que resulta del ajuste lineal de los puntos experimentales, permite tener un alto grado de confianza en el modelo lambertiano aplicado
- Se demuestra la posibilidad de emplear instrumental de bajo costo para la medición precisa de la luminancia de negatoscopios.
- Dada la existencia de normas internacionales para los intervalos de valores de brillo de los negatoscopios, aparece como necesaria su medición periódica como práctica en el control de la calidad diagnóstica de las imágenes.
- Dichas normativas también estipulan la medición de la iluminación ambiente, que debe ser menor a valores que oscilan entre 50 y 100 lux de acuerdo a diferentes referencias.

PERSPECTIVAS

- [1] Diseño y ensayo de un implemento cilíndrico adosado al luxómetro que permite la medición indirecta de la luminancia de negatoscopios sin recurrir al cuarto oscuro.
- [2] Aplicación del uso del luxómetro con este implemento en el control de la uniformidad del brillo de la superficie difusora de los negatoscopios.

REFERENCIAS

- Centro Nacional de Excelencia en Salud. Secretaria de Salud. Subsecretaría de Innovación y Calidad. Guía Tecnológica No. 12: Negatoscopio. GMDN 40988. México. 2005
- European guidelines on quality criteria for diagnostic radiographic images. EUR 16260. CEC, 1996a; DIN 6856-1, 2007; CEC, 2006.
- Gobierno de Canarias. Sistema Canario de Salud. Calidad de Imagen en Sistemas de Visualización. Negatoscopios. 2009. <http://www2.gobiernodecanarias.org/sanidad/scs>
- Gossen Panlux Electronic Luxmeter. User's Manual. 2008. http://www.butkus.org/chinon/flushes_meters/gossen_panlux/glossen_panlux.htm
- IAEA. Control de Calidad en Mamografía. IAEA. 2006
- Llorca Díaz, Angel Luis. Utilización de Maniqués en Control de Calidad de la Imagen en Radiodiagnóstico. Tesis Doctoral. Cap. 2. Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Medicina. 1992
- Rill, Lynn N., Huda Walter y Gkanatsios Nikolaos A. View box luminance measurements and their effect on reader performance. Academic Radiology. Vol. 6, 9, 521-529. 1999
- Sears, Francis W. Optics. 3ª Edición. Cap.13. Addison-Wesley.1964
- Tenmars Lux / FC Light Meter. User's Manual. 2009. <http://www.tenmars.com>