

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
MÓDULO DE ILUMINACIÓN 2025-2



**LABORATORIO DE ILUMINACIÓN
INTERIOR**

Autor:

Ing. Arturo Ávila Vázquez

Adaptación:

Ing. Nidia Mendoza Andrade

Revisión:

Claustro de Iluminación. Enero 2025

Agradecimientos

El módulo de iluminación agradece a los servicios sociales Valeria Janeth García Mendoza y a Jesús Santiago Flores Méndez por su apoyo al mantenimiento y colocación de lámparas y luminarias en el aula F. Pertenecientes al Servicio Social Desarrollo de material Eléctrico-Electrónico para las carreras de ingeniería con la clave 2024-12/41-6716.

Agradecemos a la profesora Ing. Argelia Ramírez Granados por la revisión del manual.



Práctica 1

Dispersión de la luz

Autor¹

¹Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM

Objetivos

- El alumno comprenderá el fenómeno de la descomposición de la luz.
- El alumno distinguirá las ondas electromagnéticas visibles para el ojo humano derivado de la dispersión de la luz blanca por un prisma óptico.

Introducción

Newton descubrió que cuando se hacía pasar un haz de luz natural a través de un prisma, aparecía una banda coloreada muy semejante a una porción del arcoíris, y demostró que la luz era una combinación de los colores que aparecían, ver figura 1.

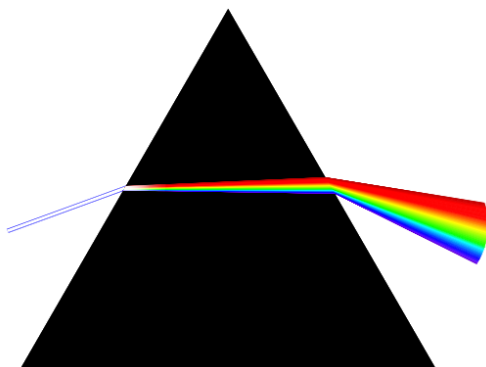


Figura 1: Dispersión de la luz blanca por un prisma óptico

Newton dispersó los distintos componentes de la luz natural en lo que denominó espectro. El fundamento de la dispersión de la luz blanca radica en que las distintas radiaciones que componen la luz natural viajan en el vacío con la misma velocidad, mientras que en el vidrio lo hacen con velocidades distintas. A cada frecuencia componente de la radiación luminosa le corresponde un índice de refracción diferente, y por ello sufren distintas desviaciones. El ángulo de desviación de la luz re-

fractada es mayor cuanto mayor es la frecuencia. Al incidir luz blanca sobre el prisma, las longitudes de onda más cortas (el violeta) se desviará más que las más largas (el rojo).

En el Cuadro 1 se muestra el conjunto de radiaciones que forman el espectro electromagnético visible.

Color	Longitud de onda	Frecuencia
Rojo	625-740 nm	480-405 THz
Naranja	590-625 nm	510-480 THz
Amarillo	565-590 nm	530-510 THz
Verde	520-565 nm	580-530 THz
Azul	450-500 nm	670-600 THz
Añil (indigo)	430-450 nm	700-670 THz
Violeta	380-430 nm	790-700 THz

Cuadro 1: Espectro visible

Newton demostró que el color de la materia no provenía del interior de la misma, sino que se debía a la descomposición de la luz blanca y los fenómenos de absorción y reflexión. La espectroscopia es una técnica de análisis que consiste en el estudio de las distintas componentes de la radiación electromagnética que emiten o absorben los cuerpos en ciertas condiciones.

Materiales

- Fuente de luz (Retroproyector, (Figura 3a))
- Prisma de Newton (Figura 3b)
- Superficie de reflexión
- Mesa de trabajo

Desarrollo experimental

RECOMENDACIÓN:

Leer todo el procedimiento primero.

1. Preparar el cuarto oscuro disminuyendo el ingreso de luz exterior para visualizar el fenómeno de dispersión con mayor claridad.
2. Conectar a una alimentación de 120 V y encender el retroproyector disminuyendo al máximo los colores de la imagen para generar luz blanca.
3. Ubicar correctamente el retroproyector para que la luz blanca incida sobre la pared. Ver Figura 2.
4. Colocar el prisma óptico (3 a 5 cm) frente a la luz que genera el retroproyector y moverlo hasta encontrar el espectro de colores sobre la pared.
5. Comente el fenómeno de dispersión entre los compañeros. Desconecte el retroproyector.

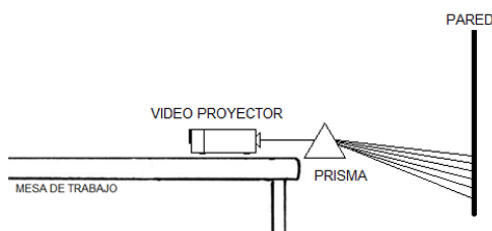


Figura 2: Dispersión de luz blanca

- Haz de partículas o fotones poseedores de energía y cantidad de movimiento, también es una onda electromagnética con efectos de interferencia y difracción.
- Grado de la separación del color, que depende del ángulo de incidencia y de las propiedades refractivas del material del prisma.
- Relación porcentual entre la luz absorbida y la luz incidente sobre una superficie.
- Relación porcentual entre la luz reflejada y la luz incidente sobre una superficie.

B) Ejercicio. El producto de la velocidad de propagación (v) por el periodo (T) que tarda en completar un ciclo es igual a la longitud de onda (λ) de una radiación electromagnética. Si las ondas electromagnéticas viajan a 300,000 km/s en el vacío:

- ¿Cuál es el valor de la frecuencia y a qué color del espectro visible pertenece un rayo electromagnético con la longitud de onda de 650 nm?
- ¿Cuál es el valor de la frecuencia y a qué radiación electromagnética pertenece un rayo electromagnético con la longitud de onda de 950 nm?
- ¿Cuál es la longitud de onda de la energía eléctrica de 60 Hz?

Cuestionario

A) Relaciona las siguientes palabras con la descripción que corresponda

1. Frecuencia
2. Reflectancia
3. Dispersión
4. Absortancia
5. Color
6. Dualidad de la luz

- Interpretación subjetiva psicofisiológica del espectro electromagnético visible.
- Número de ciclos o periodos que ocurren durante un segundo.

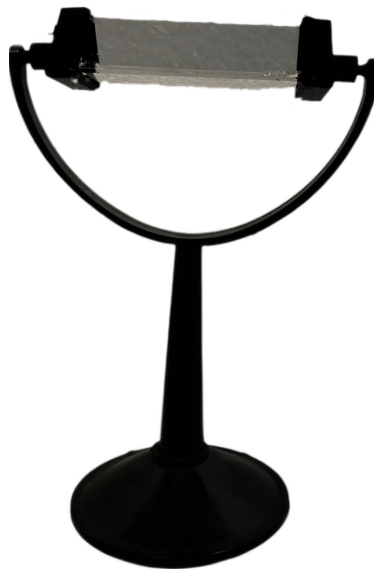
Discusión y conclusiones

Referencias

Anexo A



(a) Retroproyector



(b) Prisma de Newton

Figura 3



Práctica 2 Luxómetro

Autor¹

¹Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM

Objetivos

- El alumno identificará las diferentes partes que componen un luxómetro.
- El alumno aprenderá la operación del luxómetro digital para la toma de medidas instantáneas de iluminación.

Introducción

El luxómetro es un aparato que permite medir rápidamente y de forma sencilla la cantidad de flujo luminoso que se emite en cada unidad de área. La luz es captada por una célula fotovoltaica que la convierte en impulsos eléctricos. Dichos impulsos son interpretados y expresados en términos de luxes o foot-candle unidades de medidas de los luxómetros. Estas unidades se reflejan en una pantalla.



Figura 1: Luxómetro Amprobe LM-200LED

Un luxómetro capta la luz por una celda fotovoltaica conectada a un circuito integrado. La cantidad de luz, o fotones, que recibe el circuito integrado son interpretados y convertidos en señales eléctricas. La señal eléctrica producida genera el movimiento de una aguja, el encendido de una luz o la aparición de una cantidad en un display, dependiendo del modelo y tipo de luxómetro que se

utilice.

Los luxómetros tienen amplias aplicaciones; por ejemplo, se utilizan para medir el brillo reflejado en los actores para que las cámaras los puedan captar correctamente, los museos adecuan el nivel de iluminación para no dañar las piezas exhibidas, en invernaderos o en actividades ecologistas miden la cantidad de contaminación lumínica, entre otros.

Materiales

- Luxómetro Amprobe LM-200LED
- Fuente de luz (Luminario HID de 175 W, **Figura 4a**)
- Mesa de trabajo
- Flexómetro (**Figura 4b**)

Desarrollo experimental

RECOMENDACIÓN:

Leer todo el procedimiento primero.

1. Revisar los principales componentes del Luxómetro Amprobe LM-200LED que se utiliza para el desarrollo de la práctica. Identifique el sensor de luz, pantalla, interruptor de encendido, unidades, escalas, botones especiales. En la figura 2 se muestran las principales partes del luxómetro
2. De lectura y comente las especificaciones técnicas del luxómetro Amprobe LM200LED que a continuación se listan:

Especificaciones generales:

Display 2000 count LCD

Sensor Silicon photodiode and filter.

Environment Indoor operation

Altitude Up to 2000 m

LED Light Measurement 3½ digits, 1999 readings

Range 200, 2,000, 20,000, 200,000 lux, 20, 200, 2,000, 20,000, 200,000 Footcandle

Accuracy ±3% (calibrated to standard incandescent lamp 2858°K) and corrected LED day while-light spectrum. ±8% other visible light sources

Temperature / Humidity Operating -10 °C to 40 °C (14°F to 104°F), 0 to 80 %RH.

Storage -10 °C to 50 °C (14°F to 122°F), 0 to 70 %RH

Power Supply 9V NEDA 1604, IEC 6F22, JIS 006P battery.

Battery life 200 hours Auto Power Off approx. 6 min

Dimension (Base) 130 x 63 x 38 mm (5.1 x 2.5 x 1.5")

Dimesion (Sensor) 80 x 55 x 29 mm (3.2 x 2.2 x 1.1")

Weight 220 g (.48 lb.) include battery

Included Accessories User's Manual, 9 volt battery, carrying case

3. Preparación del luxómetro.

Accionar el botón amarillo de encendido, el display debe mostrar lecturas en pantalla.

Retirar la tapa que cubre el sensor de luz, posicionar las lecturas en luxes con la tecla Lx/Fc y medir la iluminación del lugar de trabajo. Si la lectura indica OL es porque está fuera de rango y se debe de buscar la escala correcta.

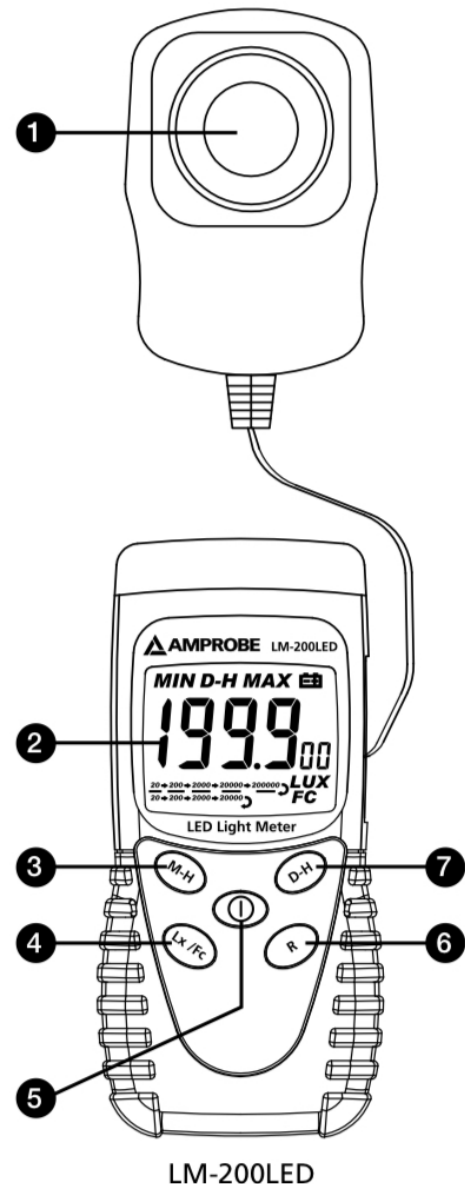
$$E = \text{_____ lx}$$

Posicionar las lecturas en foot candles con la tecla Lx/Fc y medir la iluminación del lugar de trabajo.

$$E = \text{_____ fc}$$

Pulsando la tecla D-H consigue congelar el valor actual en la pantalla. Pulse nuevamente la tecla para proseguir con la medición.

Si desea registrar el valor máximo, pulse la tecla M-H.



- ❶ Light sensor
- ❷ Display(LCD)
- ❸ Lux / foot candles
- ❹ MAX HOLD
- ❺ Power Button: ON/OFF
- ❻ Manual range selection
- ❼ DATA HOLD button

Figura 2: Partes del luxómetro

- 4. Coloque la fuente de luz (Luminario HID de 175 W) sobre la mesa de trabajo como muestra la figura 3. La tensión de alimentación del luminario es 220 V. Con ayuda de la cinta mé-

trica mida la iluminación local a 2 m de distancia de la fuente de luz sobre la mesa. Utilice los diferentes valores de escala para medir en luxes y registre sus valores en el cuadro 1.

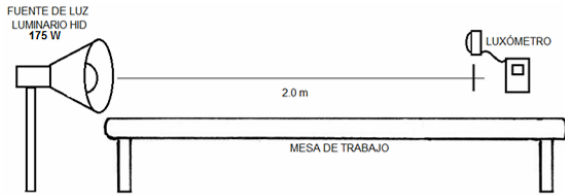


Figura 3: Muestra de la realización de la práctica

Escala LUX	Lectura
200	
2000	
20000	
200000	

Cuadro 1: Medición en luxes

Posicionar las lecturas en foot-candle, repita el inciso anterior y registre sus valores en el cuadro 2.

Escala FC	Lectura
200	
2000	
20000	
200000	

Cuadro 2: Medición en foot-candles

5. Posicione el luxómetro sobre la mesa de trabajo para medir la iluminación en luxes a 1 m de distancia de la fuente de luz. Anote el resultado:

$$E = \text{_____ lx}$$

Posicione el luxómetro sobre la mesa de trabajo para medir la iluminación en foot candles a 1 pie (0.3048 m) de distancia de la fuente de luz. Anote el resultado:

$$E = \text{_____ fc}$$

Son aproximadamente iguales los niveles de iluminación en luxes y foot candles: _____. Si consideramos que los niveles de iluminación son iguales, determine el factor

de conversión entre las unidades lux y foot-candle. Recuerde que la intensidad luminosa no cambia.

$$1 \text{ [fc]} = \text{_____ [lx]}$$

6. Desconecte la fuente de luz y guarde los cables de conexiones.

Cuestionario

1. ¿Qué factores afectan la toma de lecturas?
2. Menciona algunas aplicaciones del Luxómetro.
3. ¿Qué significan las letras OL en el display y que se debe hacer para solucionarlo?
4. ¿Por qué en las escalas más altas registran lecturas en cero?
5. Explique cómo funciona el sensor de luz.
6. Escriba los factores de conversión entre luxes y foot candles.
7. Desarrolle los conceptos de flujo luminoso, intensidad luminosa e iluminación.

Discusión y conclusiones

Referencias

Anexo A



(a) Luminario HID de 175 W



(b) Flexómetro

Figura 4



Práctica 3 Flujo luminoso e intensidad luminosa

Autor¹

¹Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM

Objetivos

- El alumno aprenderá los conceptos de flujo luminoso e intensidad luminosa de una fuente de luz.
- El alumno diferenciará las características que existen entre el flujo luminoso e intensidad luminosa de una fuente de luz.

Introducción

La mayoría de las fuentes de luz emiten energía electromagnética distribuida en múltiples longitudes de onda. Esta energía radiante por unidad de tiempo emitida por las fuentes se llama potencia o flujo radiantes. Sólo una pequeña porción de esta potencia se encuentra en la región visible (entre los 380 y 780 nm). Todo lo que se puede ver por el sentido de la vista depende solamente de la energía radiada visible o luminosa por unidad de tiempo.

Flujo luminoso (ϕ).- Es la parte de la potencia radiante total emitida por una fuente de luz que es capaz de afectar el sentido de la vista. Dicho de otra forma, es la radiación luminosa a la que el ojo humano es sensible. La unidad de medida del flujo luminoso, luz o radiación visible en el sistema internacional e inglés es el lumen (lm). El lumen es el flujo luminoso o potencia radiante visible emitido desde una abertura de $1/60$ cm² de una fuente patrón e incluido dentro de un ángulo sólido de 1 sr (estereorradián). Otra definición es que un lumen equivale a $1/680$ W de luz verde-amarilla de 555 nm de longitud de onda.

La figura 1 muestra el flujo luminoso de una lámpara incandescente, en la cual aproximadamente solo el 10 % de la energía radiante es luminosa. La mayor parte es energía radiante infrarroja (calor).

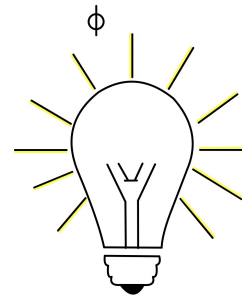


Figura 1: Flujo luminoso

El flujo luminoso nos da una idea de la cantidad de luz que emite una fuente luminosa, pero necesitamos conocer cómo se distribuye en cada dirección del espacio y para eso se define el concepto de intensidad luminosa. El flujo luminoso de la lámpara de la figura 1 viaja radialmente hacia afuera en líneas rectas. Para conocer su distribución en cierta dirección se considera el flujo luminoso incluido en un ángulo sólido. El ángulo sólido ω puede imaginarse como la abertura del extremo de un cono subtendido por un segmento de área S sobre la superficie esférica. Ver figura 2. La unidad de medición de los ángulos sólidos es el estereorradián (sr). El estereorradián se define como el ángulo sólido que corresponde a un casquete esférico cuya superficie es igual al cuadrado del radio de la esfera. En la figura 2, si $S = r^2$, entonces el ángulo sólido vale un estereorradián.

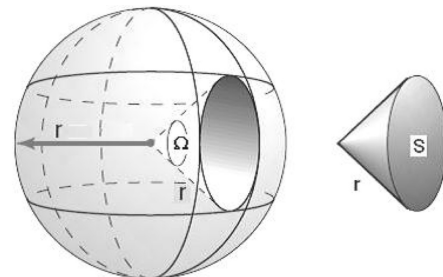


Figura 2: Ángulo sólido

En general, el ángulo sólido en estereorradianes es:

$$\Omega = \frac{S}{r^2} \text{ [sr]} \quad (1)$$

La intensidad luminosa es el flujo luminoso emitido por unidad de ángulo sólido en una dirección concreta. Ver figura 3. Su símbolo es I y su unidad es el lumen por estereorradián (lm/sr) llamada candela (cd).

$$I = \frac{\phi}{\Omega} \text{ [cd]} \quad (2)$$

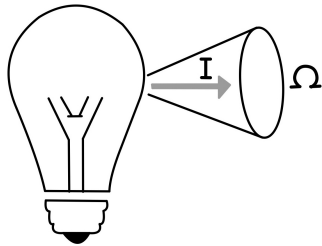


Figura 3: Intensidad luminosa

Materiales

- Luxómetro Amprobe LM-200LED (Figura 7a)
- Fuente de luz (Lámpara LED 9, 800 lm) (Figura 7b)
- Reflector cónico de luminario (Figura 7c)
- Mesa de trabajo
- Flexómetro (Figura 7d)

Desarrollo experimental

RECOMENDACIÓN:

Leer todo el procedimiento primero.

1. Encienda la lámpara LED de 9 W y observe el flujo luminoso que genera.
2. Con ayuda de la cinta métrica, use el luxómetro para medir la iluminación en luxes a un metro de distancia en diez diferentes direcciones sobre la media cavidad esférica de la lámpara, como lo muestra la figura 4. Incluya la dirección vertical. Registre las mediciones en el cuadro 1.

Medición	Iluminación (lx)	Iluminación (fc)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Cuadro 1: Mediciones luxes y foot candle

Valor promedio de iluminación (lx) según las mediciones en luxes	Valor promedio de iluminación (fc) según las mediciones en foot-candles

Cuadro 2: Valor promedio de iluminación

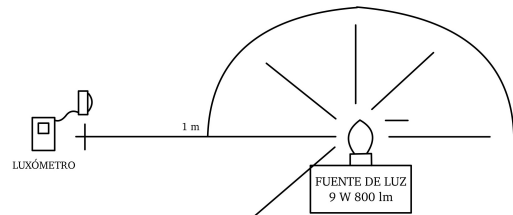


Figura 4: Medición de iluminación a 1 m y 1 pie en diferentes direcciones

3. De los datos del cuadro 1, obtenga el valor promedio de intensidad luminosa y regístrelo en el cuadro 2.
4. Si consideramos que la fuente irradia luz uniformemente sobre la mitad del espacio esférico superior que rodea la lámpara y sabiendo que a un metro de distancia la iluminación en luxes es igual a la intensidad luminosa en candelas, determine el flujo luminoso aproximado que produce la lámpara:

$$\phi = I(2\phi) \text{ [lm]} \quad (3)$$

Donde $\Omega = 2\pi$ (sr) es el ángulo sólido de la media esfera que rodea la lámpara e I es la intensidad luminosa promedio.

Use cualquier valor promedio de intensidad luminosa del cuadro 2 para calcular el flujo luminoso aproximado de la lámpara.

Flujo luminoso $\phi = \text{_____}$ (lm)

Recuerde que a un metro de distancia de la fuente de luz, la iluminación en luxes es igual a la intensidad luminosa y a un pie de distancia de la fuente de luz, la iluminación en footcandles es igual a la intensidad luminosa.

5. Con ayuda de la cinta métrica, use el luxómetro para medir la iluminación en foot-candles a un pie (0.3048 m) de distancia en diez diferentes direcciones sobre la media cavidad esférica de la lámpara, como lo muestra la figura 4. Incluya la dirección vertical. Registre las mediciones en el cuadro 1 y 2. Repita los puntos 3 y 4.

Flujo luminoso $\phi = \text{_____}$ (lm)

6. Coloque el reflector cónico sobre la lámpara según lo muestra la figura 5. Tome la medición de iluminación a un metro sobre la vertical en luxes. Registre el resultado:

$E = \text{_____}$ lx

$I = \text{_____}$ cd

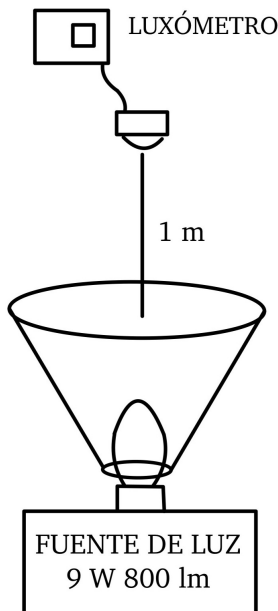


Figura 5: Reflector sobre la lámpara

Es igual este resultado al promedio obtenido en el cuadro 2? _____ Explique por qué:

7. Coloque el reflector cónico sobre la lámpara según lo muestra la figura 5. Tome la medición de iluminación a un pie (0.3048 m) sobre la vertical en unidades footcandles. Registre el resultado:

$E = \text{_____}$ lx

$I = \text{_____}$ cd

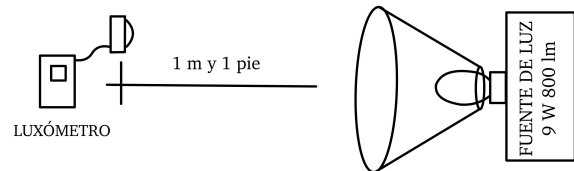


Figura 6: Luminario de 185 W HID

Es igual este resultado al promedio obtenido en el cuadro 2? _____ Explique por qué:

8. Coloque la fuente de luz (Lámpara LED 9 W) sobre la mesa de trabajo como muestra la figura 6. Con ayuda de la cinta métrica mida la iluminación a 1 m de distancia de la fuente de luz. Anote el resultado:

$E = \text{_____}$ lx

$I = \text{_____}$ cd

Repita el punto anterior, posicionando el luxómetro sobre la mesa de trabajo para medir la iluminación en foot candles a 1 pie (0.3048 m) de distancia de la fuente de luz en la misma dirección del punto anterior. Anote el resultado:

$E = \text{_____}$ lx

$I = \text{_____}$ cd

Son aproximadamente iguales las intensidades luminosas a 1 m y 1 pie: _____ ¿por qué? _____

¿Cuál es el factor de conversión entre la unidad de lux y foot candle?

9. Desconecte la fuente de luz y guarde los cables de conexiones.

Cuestionario

1. Demuestre que a 1 m de distancia la iluminación en lux es igual a la intensidad luminosa de la fuente de luz.
2. Demuestre que a 1 pie de distancia la iluminación en foot-candle es igual a la intensidad luminosa de la fuente de luz.
3. Demuestre que el ángulo sólido de una fuente isotrópica es 4π .
4. ¿Cuál es la diferencia entre flujo luminoso e intensidad luminosa?
5. Mencione algunos procesos naturales que producen flujo luminoso.

Discusión y conclusiones

Referencias

Anexo A



(a) Luxómetro Amprobe LM-200LED



(b) Lámpara LED 9 W, 800 lm



(c) Reflector cónico de luminario



(d) Flexómetro

Figura 7



Práctica 4

Método de lumen

Autor¹

¹Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM

Objetivos

- El alumno obtendrá la iluminación promedio del laboratorio utilizando el método de lumen.
- Aprenderá a utilizar el método de lumen para realizar diseños de iluminación.

Introducción

Derivado de un buen diseño de iluminación se pueden crear ambientes agradables y confortables de nuestro entorno, sin por ello olvidar que las instalaciones de iluminación sean energéticamente sostenibles. La finalidad del método de lumen es calcular el valor medio de la iluminación o iluminancia en un local con alumbrado general. Es muy práctico y fácil de usar, y por ello se utiliza mucho en proyectos de iluminación. Este método determina el flujo promedio que incide sobre la superficie de trabajo. Conociendo este flujo promedio y el flujo que emite un luminario en particular se puede determinar la cantidad de luminarios para el proyecto.

$$E = \frac{\Phi}{S} \quad (1)$$

$$\Phi = E \cdot S \quad (2)$$

$$\Phi = \frac{E \cdot S}{CU \cdot FM} \quad (3)$$

$$N_L = \frac{\phi}{\phi_L} \quad (4)$$

Φ - Flujo luminoso total deseado (lm)
E - Nivel de iluminación deseado (lx)
S - Superficie del local (m²)

¿El flujo luminoso que emite la fuente de luz llega completamente a la superficie de trabajo?

Causas que disminuyen el flujo luminoso incidente sobre la superficie:

CU - Factor de Utilización

- Eficacia de la fuente de luz
- Distribución del flujo
- Altura de la fuente
- Dimensiones de la superficie
- Reflectancias de techo, paredes y pisos

FM - Factor de Mantenimiento

- Depreciación de reflectores, refractores y difusores de la luminaria
- Envejecimiento de las partes
- Adición de suciedad y polvos

N_L - Número de luminarios

Φ_L Flujo luminoso por luminario (lm)

Método de flujo total. Procedimiento de cálculo:

- Características físicas y actividades del local o recinto
- Niveles de iluminación
- Superficie del local
- Coeficientes de reflexión del techo y las paredes
- Factor de utilización
- Tipo de luminaria
- Factor de mantenimiento
- Flujo total
- Número de lámparas

Materiales

- Luxómetro Amprobe LM-200LED
(Figura 3a)
- Mesa de trabajo
- Flexómetro (Figura 3b)
- Gises

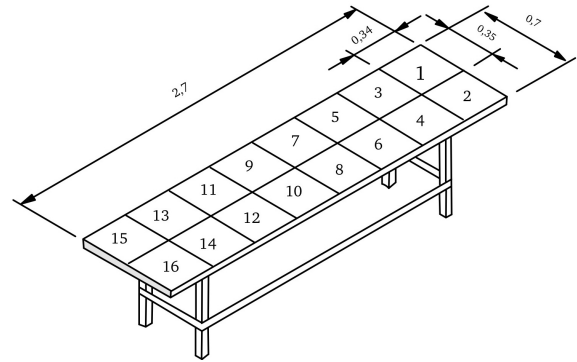


Figura 2: Posicionamiento de puntos de medición

Desarrollo experimental

RECOMENDACIÓN:

Leer todo el procedimiento primero.

1. Encender los luminarios del laboratorio para utilizarlos como fuentes de luz que iluminen la mesa de trabajo que es posicionada sobre el centro del local como se muestra en la figura 1. La mitad de la mesa debe quedar dentro del cuarto oscuro.

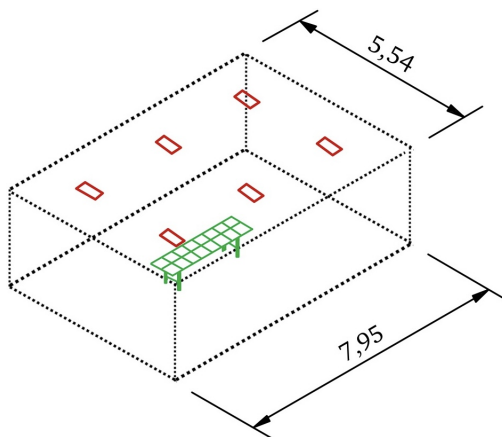


Figura 1: Laboratorio de iluminación

2. Usando la escala de 2000 lx ubicar el luxómetro en dieciséis puntos distribuidos geoméricamente en la superficie de la mesa de trabajo. Ver figura 2. Al centro de cada cuadrícula tomar las medidas correspondientes con el luxómetro y registrarlas en la siguiente tabla 1. Son aproximadamente iguales las mediciones de iluminación de los dieciséis puntos? _____ Explique, ¿por qué? _____

Lecturas	E (lux)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	

Cuadro 1: Mediciones de iluminación

3. Con los datos obtenidos en la tabla 1, calcular la media y la desviación estándar para evaluar el nivel de iluminación de la mesa de trabajo.

Valor medio:

$$E_m = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (5)$$

$$E_m = \text{_____ lx}$$

Desviación estándar

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (E_m - E_i)^2}{n - 1}} \quad (6)$$

$$\sigma = \text{_____ lx}$$

Donde:

E_m es el valor de las mediciones

E_i es el valor i de las mediciones

n es el número de mediciones

σ es la desviación estándar de las mediciones

Si la desviación estándar es menor al 5 % de la media de las mediciones, se puede utilizar este valor como medida de iluminación promedio del lugar de trabajo.

5 % del valor medio: _____ lx

Cumple: _____

Explique los motivos de la respuesta del punto anterior: _____

4. En el cuadro 2 establezca las características de las fuentes de luz, lugar de trabajo y luminarios

A	Dimensión del local	
B	Número de lámparas y luminarios	
C	Estado de conservación de los luminarios (nivel de mantenimiento)	
D	Color de piso y reflectancia aprox.	
E	Color de techo y reflectancia aprox.	
F	Color de paredes y reflectancia aprox.	
G	Actividad del local	
H	Nivel de iluminación normalizado	
I	Personas expuestas a la iluminación	

5. Dependiendo de la clasificación y cumplimiento de la iluminación obtenida, propone algunas recomendaciones para el laboratorio con base en los conocimientos aprendidos.
6. Desconecte la fuente de luz y guarde los cables de conexiones

Cuestionario

1. ¿Qué factores influyen para disminuir el flujo luminoso que va a la superficie de trabajo?

2. Explique lo que entiende por factor de utilización y de que depende.
3. Explique lo que entiende por factor de mantenimiento y de que depende.
4. ¿Por qué es importante seleccionar reflectancias adecuadas para los sistemas de iluminación?
5. De las características indicadas en la Tabla 2, indique otras que afecten la iluminación sobre la mesa de trabajo.
6. ¿Por qué es importante conocer el flujo luminoso producido por un luminario?
7. ¿Qué color produce los factores de reflectancia más bajos?
8. ¿Qué color produce los factores de reflectancia más altos?

Discusión y conclusiones

Referencias

Anexo A



(a) Luxómetro Amprobe LM-200LED



(b) Flexómetro



Práctica 5

Curva de distribución fotométrica luminario interior

Autor¹

¹Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM

Objetivos

- El alumno obtendrá la curva de distribución fotométrica de un luminario tipo interior.
- Aprenderá como utilizar la curva de distribución fotométrica de un luminario tipo interior.

Introducción

La curva fotométrica es la representación de la intensidad de iluminación de una fuente luminosa o luminario, trazando rayos vectores que partiendo de la fuente tienen una longitud proporcional a la intensidad de iluminación. Uniendo los extremos de esos radios vectores se tiene una representación llamada sólido fotométrico. Mediante la curva fotométrica de un luminario se puede determinar con exactitud la intensidad luminosa en cualquier dirección, dato necesario para realizar cálculos de iluminación. La figura 1 muestra una curva de distribución fotométrica de un luminario tipo interior.

En este diagrama, los valores de los ángulos están ubicados en la abscisa con el cero en el centro del gráfico mientras que los valores de la intensidad están en la ordenada. Los dos planos horizontales que normalmente se representan son el transversal y el longitudinal que según la norma IESNA LM-63-2002 corresponden a los planos C0-C180 (largo del luminario) y C90-C270 (ancho del luminario) respectivamente, ver figura 2.

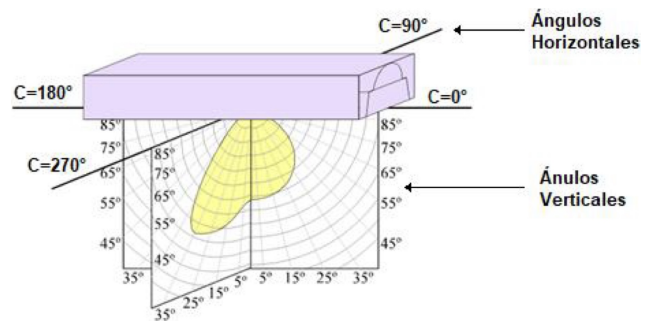


Figura 2: Planos de sólidos fotométricos

Como es complicado trabajar en tres dimensiones, para simplificar el trabajo se realizan cortes al sólido fotométrico de modo que se obtiene una curva en dos dimensiones, conocida como curva de distribución luminosa o curva fotométrica, mucho más sencilla de comprender. Ver figura 1.

La curva fotométrica de una fuente de luz nos permite conocer con exactitud la intensidad luminosa en cualquier dirección, lo cual resulta de mucha utilidad al realizar diseños de iluminación.

El gonifotómetro o fotogoniómetro es un instrumento que sirve para medir la intensidad luminosa cuando es reflejada en diferentes ángulos, obteniendo así la curva de distribución fotométrica de la fuente de luz.

Para realizar las mediciones de la intensidad luminosa se deben considerar los ángulos de referencia del luminario, ver figura 2. El eje horizontal corresponde a un ángulo horizontal de cero grados

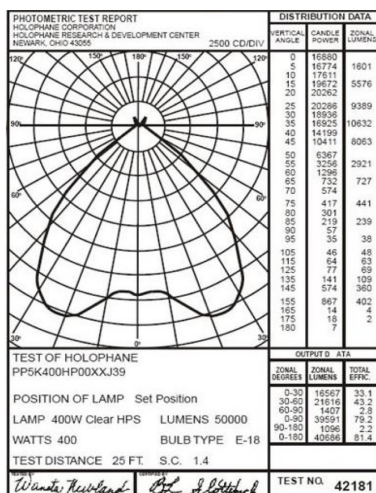


Figura 1: Luminario tipo interior, curva fotométrica (Figura 10)

y se orienta en paralelo a la longitud de la luminaria. La intensidad luminosa (valores de candelas) se mide del ángulo inferior al ángulo superior, según figura 3:

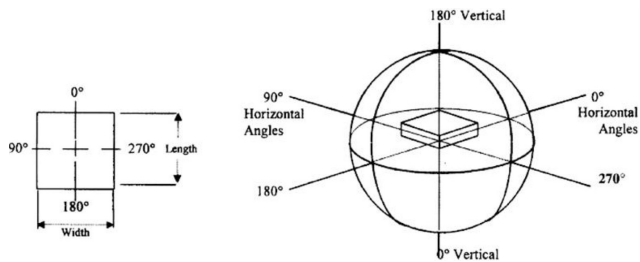


Figura 3: Ángulos de referencia de un luminario, según LM-63-2002

La figura 4 muestra un archivo fotométrico en tres dimensiones.

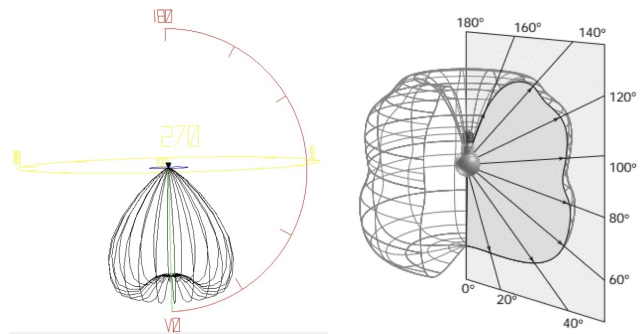


Figura 4: Sólidos fotométricos de luminarios

Materiales

- Luxómetro Amprobe LM-200LED (Figura 9a)
- Fuente de luz (Luminario HID de 175 W, Figura 9b)
- Mesa de trabajo
- Flexómetro (Figura 9c)
- Programa excel para gráficas polares

Desarrollo experimental

RECOMENDACIÓN:

Leer todo el procedimiento primero.

1. Preparar el cuarto oscuro disminuyendo al máximo las afectaciones de luz exterior. Colocar la lámpara del luminario a un metro de

distancia del luxómetro, según lo muestra la figura 5. Seleccionar la escala en luxes para medir la intensidad luminosa y mantenerlo fijo durante el experimento.

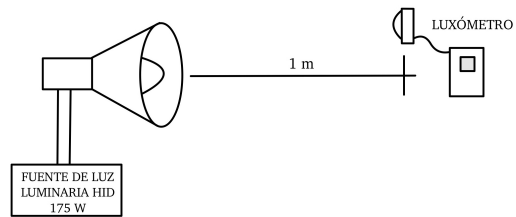


Figura 5: Posicionamiento del luminario y el luxómetro

2. Sobre la vertical del luminario y con la ayuda del transportador marcar sobre el piso ángulos de 10° hasta cumplir con la circunferencia completa.
3. Encender el luminario de alta intensidad de descarga de 175 W y esperar unos minutos hasta que alcance estabilidad luminosa. Con el luxómetro realizar la primera medición en 0° a la distancia de 1 m, como lo muestra la figura 6.

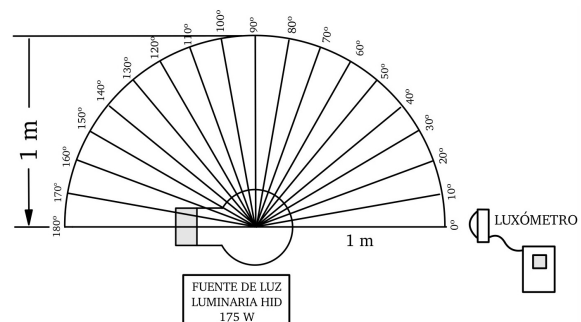


Figura 6: Ángulos sobre el piso teniendo como centro la vertical del luminario

Observe que por ser un luminario simétrico, las mediciones de intensidad luminosa se realizan en un solo plano horizontal C0-180° y en mediciones verticales de 0 a 350° con pasos de 10°

4. Continuar con la toma de mediciones hasta cumplir con todos los ángulos verticales (hasta 350°). Registrar los resultados en el cuadro 1.

Grados	I (cd)	Grados	I (Cd)
0°		180°	
10°		190°	
20°		200°	
30°		210°	
40°		220°	
50°		230°	
60°		240°	
70°		250°	
80°		260°	
90°		270°	
100°		280°	
110°		290°	
120°		300°	
130°		310°	
140°		320°	
150°		330°	
160°		340°	
170°		350°	

Cuadro 1: Mediciones

Datos técnicos	
Norma	
Laboratorio	
Fabricante del luminario	
Catálogo del luminario	
Nombre del luminario	
Catálogo de la lámpara	
Cantidad de lámparas por luminario	
Lúmenes por lámpara	
Número de ángulos verticales	
Número de ángulos horizontales	
Tipo de fotometría	
Tipo de unidad de longitud	
Largo del luminario	
Ancho del luminario	
Alto del luminario	
Factor de balastro	
Potencia del luminario	

Cuadro 2: Datos técnicos

5. Dibujar en el diagrama polar de la figura 7 las coordenadas de ángulo e intensidad luminosa para construir la curva fotométrica del luminario utilizado.

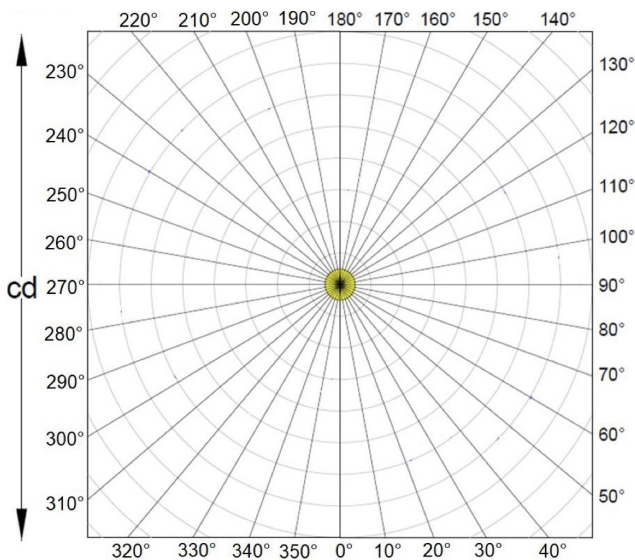


Figura 7: Coordenadas polares

6. Utilice el software excel de grafica polar proporcionado por el profesor para construir la curva de distribución polar del luminario. El archivo de excel de la curva fotométrica del luminario utilizado debe ser impreso y anexado al reporte de la práctica.

7. Investigue los datos técnicos del luminario de 175 W utilizado en el experimento y registrarlos en el cuadro 2.
8. Desconecte la fuente de luz y guarde los cables de conexiones.

Cuestionario

- ¿Para qué sirve la curva fotométrica de un luminario?
- ¿Qué es un sólido fotométrico?
- ¿Cuándo se dice que una curva fotométrica es simétrica y asimétrica?
- ¿Explicar para qué es el fotogoniómetro?
- ¿Por qué en el experimento la distancia entre la fuente de luz y el luxómetro debe ser de un metro?
- ¿Si el luxómetro se ajusta en la escala de foot.candle cual debe ser la distancia de separación entre la fuente de luz y el luxómetro?
- Use la curva de distribución polar de la figura 7 (o **Figura 11**) y considere que el luminario se instala a 4 m de altura para determinar la iluminación puntual en los siguientes casos: (ver figura 8).

- $L = 0 \text{ m}$
- $L = 2.31$
- $L = \text{infinito}$

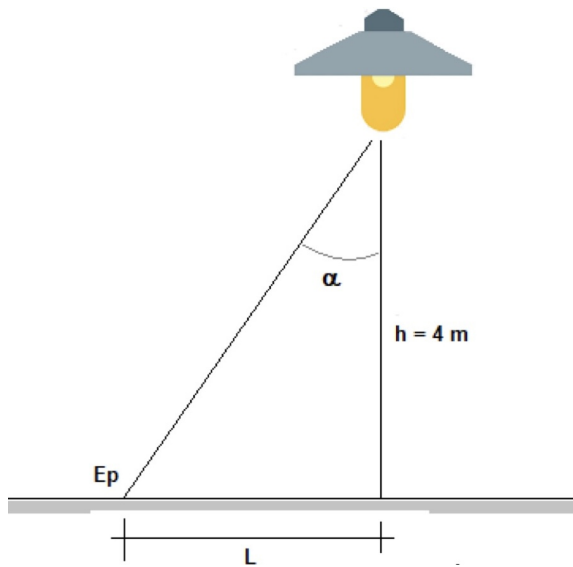


Figura 8: Ejemplo

Iluminación puntual E_p :

$$E_p = \frac{I}{h^2} \left[\frac{\varphi_{LUMINARIO}}{1000lm} \right] \cos^3(\alpha)$$

Nota: Las mediciones de esta práctica no están referidas a 1000 lm, son mediciones directas; por lo que el término entre corchetes se hace 1.

Discusión y conclusiones

Referencias

Anexo A. Materiales



(a) Luxómetro Amprobe LM-200LED



(b) Luminario HID de 175 W



(c) Flexómetro

Figura 9

Anexo B

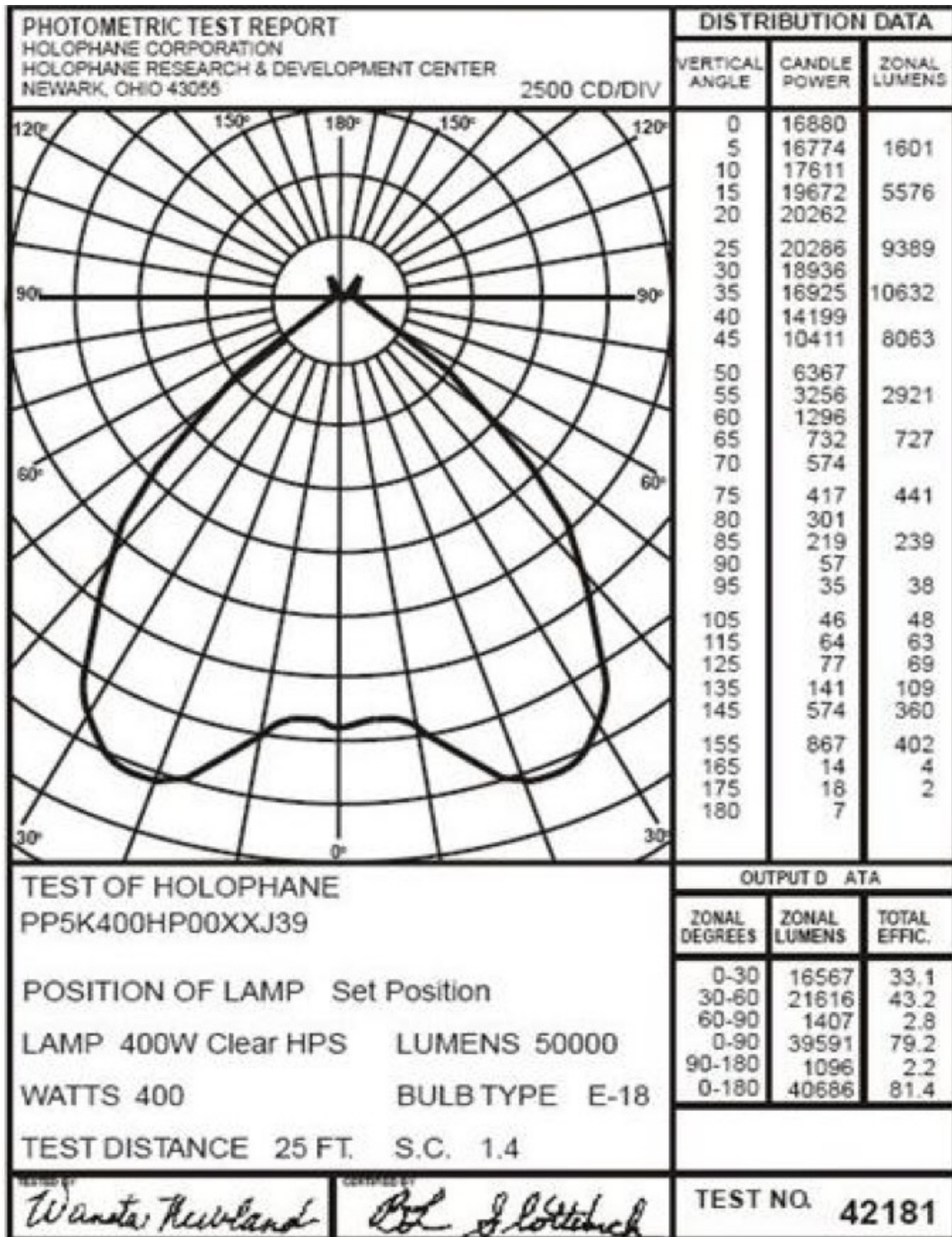


Figura 10: Luminario tipo interior, curva fotométrica

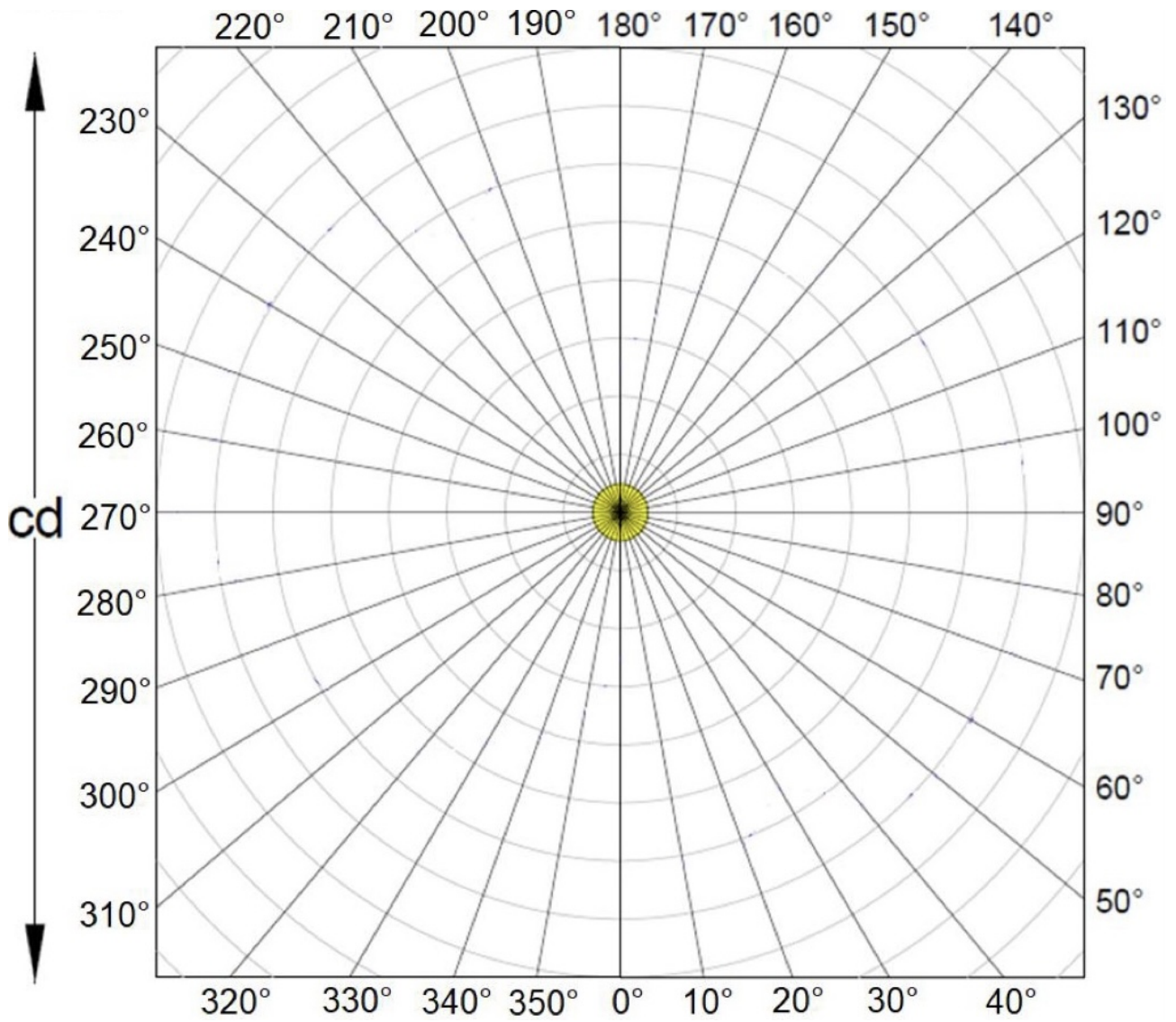


Figura 11: Coordenadas polares



Práctica 6

Medición de iluminación interior

Autor¹

¹Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM

Objetivos

- El alumno aprenderá a realizar la medición de iluminación de una superficie interior.

Introducción

El hombre necesita estar informado del entorno que le rodea para poder llevar a cabo fácilmente y sin peligro sus actividades. La mayoría de la información acerca del entorno llega al hombre a través de los ojos y, por lo tanto, es de naturaleza visual. El término visibilidad (de un objeto) se usa como medida de la facilidad, la rapidez y la precisión con que un objeto puede ser detectado y reconocido visualmente. En consecuencia, una buena visibilidad del entorno y de todo lo que contiene es esencial. Para una buena visibilidad se requiere una buena iluminación. Aunque una buena visibilidad de los objetos relevantes es una condición necesaria, no siempre es una condición suficiente para llevar a cabo actividades fácilmente y con comodidad. En interiores donde se realiza un trabajo, la función principal de la iluminación es facilitar el confort de las tareas visuales allí realizadas, sin embargo, en áreas de circulación o salas de estar y lugares de descanso, el criterio de la capacidad visual no es tan importante; lo importante es el criterio de agrado y confort visual. Por tanto, los criterios más importantes relacionados con el diseño de la iluminación, para una aplicación particular, son la visibilidad y la satisfacción visual. Además, estos factores deben estar equilibrados con relación a los costes de la instalación y funcionamiento.

Para determinar las zonas de medición de una superficie interior utilizamos el método de sugerido por la NOM 025-STPS-2008. Primero calculamos el índice de área IC:

$$IC = \frac{xy}{h(x+y)} \quad (1)$$

IC = índice de área

x=largo del local
 y=ancho del local
 h=distancia entre el plano de trabajo y plano de luminarios

Obtenido el índice de área, usar la cuadro 1, columna A, para determinar la cantidad de zonas de medición iguales en las que se debe dividir la superficie interior.

Relación entre el índice de área y el número de zonas de medición		
Índice de área	Número mínimo de zonas a evaluar	Número de zonas a considerar por la limitación
$IC < 1$	4	6
$1 \leq IC < 2$	9	12
$2 \leq IC < 3$	16	20
$3 \leq IC$	25	30

Cuadro 1: Relación entre el índice de área y el número de zonas de medición

Una vez definidas las zonas de medición, únicamente queda medir los niveles de iluminación con ayuda de un luxómetro en el centro de cada superficie previamente dividida. La iluminación media E_m se obtiene con el promedio de las mediciones. Además de E_m se puede calcular los coeficientes de uniformidad media y extrema de las iluminancias:

$$\text{Uniformidad media} = \frac{E_{min}}{E_m}$$

$$\text{Uniformidad extrema} = \frac{E_{min}}{E_{max}}$$

Materiales

- Luxómetro Amprobe LM-200LED (Figura 1a)
- Superficie interior (Cuarto oscuro del laboratorio de iluminación)

- Lugar de trabajo
- Flexómetro (**Figura 1b**)

$$E_m = \text{_____ lx}$$

Desarrollo experimental

RECOMENDACIÓN:

Leer todo el procedimiento primero.

1. El lugar recomendado para realizar esta práctica es el piso del cuarto oscuro del laboratorio de iluminación. Dada la cuadrícula del piso es fácilmente divisible en partes iguales.
2. Use la cinta métrica para medir el largo (x) y ancho (y) del cuarto oscuro. Mida la altura (h) entre el plano de los luminarios y el piso. Obtener el índice de área IC:

$$IC = \text{_____}$$

De la tabla 1 columna A determine el número de zonas de medición.

Zonas de medición: _____

Divida por simetría la superficie o plano de trabajo (piso) en las zonas de medición obtenidas en el punto anterior, Utilice el luxómetro para medir el nivel de iluminación en cada zona. Anote los resultados en el cuadro 2.

Zonas de medición	Iluminación (lx)

Cuadro 2: Datos

Si requiere más zonas debe insertarlas en el cuadro 2.

3. El cálculo del nivel de iluminación media se determina con el promedio de los valores obtenidos:

4. Calcular la uniformidad media y la uniformidad extrema utilizando las siguientes ecuaciones:

$$\text{Uniformidad media} = \frac{E_{min}}{E_m}$$

$$\text{Uniformidad extrema} = \frac{E_{min}}{E_{max}}$$

Uniformidad media = _____

Uniformidad extrema = _____

Cuestionario

1. ¿Qué otros métodos conoce para medir la iluminación de una superficie interior?
2. ¿Qué significa el coeficiente de utilización de un proyecto de iluminación?
3. ¿Qué significa el factor de mantenimiento de un proyecto de iluminación?
4. ¿Qué precauciones se deben tomar para disminuir los errores en la medición de la iluminación interior?

Discusión y conclusiones

Referencias

Anexo A



(a) Luxómetro Amprobe LM-200LED



(b) Flexómetro



Práctica 7

Encendido de luminarios con apagador sencillo, escalera y cuatro vías

Autor¹

¹Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM

Objetivos

- El alumno aprenderá a conectar circuitos monofásicos con apagador sencillo, escalera y cuatro vías para encendido de luminarios.

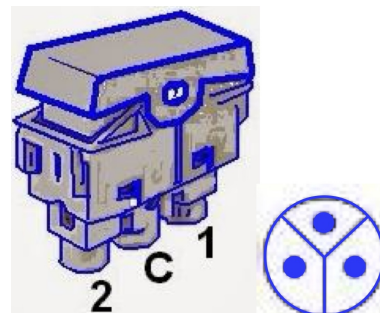


Figura 2: Interruptor 3 vías o escalera

Introducción

Los interruptores eléctricos son artefactos importantes dentro de las instalaciones de iluminación, los interruptores como su nombre lo indica, interrumpen o desvían la corriente eléctrica, van desde un simple interruptor que apaga o enciende un luminario, hasta un complicado selector de transferencia automática de múltiples luminarios controlados por computadora.

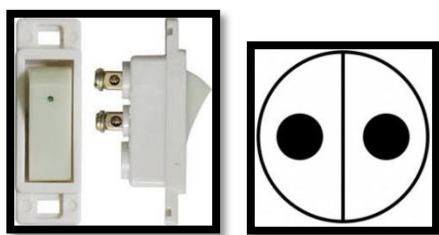


Figura 1: Interruptor sencillo. Símbolo

El interruptor de escalera es usado principalmente para controlar una o más luminarios desde dos sitios diferentes, en casos particulares para controlar el alumbrado de un pasillo largo al inicio y al final, en alcobas o habitaciones principales, también para el control de luminarios de una escalera desde planta baja y planta alta.

Para controlar un luminario desde 3 puntos diferentes necesitamos además de los interruptores de escalera un interruptor de paso o 4 vías. Por ejemplo, si queremos encender o apagar una lámpara de una planta baja, de un primer piso y de un segundo piso, salones, habitaciones y pasillos grandes.

Materiales

- Módulo de instalaciones eléctricas
- Luminarios incandescentes o fluorescentes compactas
- Cables de conexiones
- Fuente de alimentación alterna (127 Vca)

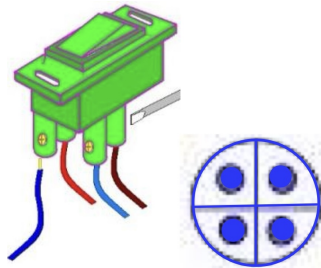
Desarrollo experimental

RECOMENDACIÓN:

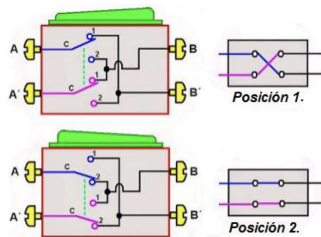
Leer todo el procedimiento primero.

- Arme el circuito de la figura 1.

Conecte en serie el paralelo de luminarios con el interruptor sencillo.



(a) Interruptor 4 vías o de paso



(b) Posiciones del interruptor de 4 vías

Conecte los dos contactos con la alimentación de 127 Vca (Línea y neutro).

El termomagnético sirve como protección para la alimentación del voltaje de 127 Vca.

Presione el interruptor sencillo para apagar y encender los luminarios.

Mida el voltaje de cada contacto o tomacorriente con ayuda del voltímetro.

2. Arme el circuito de la figura 2.

Conexión tipo puentes de interruptores escalera.

Identifique el punto común de cada interruptor escalera.

Conecte los puntos no comunes entre ambos interruptores escalera.

El punto común del primer interruptor se conecta a la línea de alimentación y el punto común del segundo interruptor se conecta al paralelo de luminarios.

El neutro de la alimentación se conecta con el paralelo de luminarios.

Conecte los dos contactos con la alimentación de 127 Vca (Línea y neutro).

El termomagnético sirve como protección para la alimentación del voltaje de 127 Vca. Mi-

da el voltaje de cada contacto o tomacorriente con ayuda del voltímetro.

Existe otra conexión de interruptores escalera llamada “Corto circuito” donde los puntos no comunes de ambos interruptores se conectan a la línea y neutro de alimentación. El punto común del primer y segundo interruptor se conectan directos al paralelo de luminarios. Ver circuito de la figura 3.

Conecte los dos contactos con la alimentación de 127 Vca (Línea y neutro).

El termomagnético sirve como protección para la alimentación del voltaje de 127 Vca. Mida el voltaje de cada contacto o tomacorriente con ayuda del voltímetro.

3. Arme el circuito de la figura 4.

Identifique los puntos no comunes de los interruptores escalera.

Conecte los puntos no comunes de los interruptores escalera en las cuatro entradas del interruptor de 4 Vías.

Conecte el punto común del primer interruptor escalera a la línea de alimentación y el punto común del segundo interruptor escalera al paralelo de los luminarios.

Conecte el paralelo de los luminarios al neutro de la alimentación.

Conecte los dos contactos con la alimentación de 127 Vca (Línea y neutro).

Cierre el termomagnético para alimentar al circuito.

Presione los interruptores seguidamente para encender o apagar los luminarios. Mida el voltaje de cada contacto o tomacorriente con ayuda del voltímetro.

4. Apague la fuente de alimentación para desenergizar el circuito y guarde los cables de conexión.

Cuestionario

1. ¿Explique lo que entiende por lámpara incandescente?
2. ¿Explique lo que entiende por lámpara fluorescente compacta?

3. Mencione dos ejemplos donde puede aplicar la conexión de una lámpara controlada con dos apagadores de tres vías.
4. Mencione dos ejemplos donde puede aplicar la conexión de una lámpara controlada con dos apagadores de tres vías y uno de cuatro vías.
5. Dibuje lo que se pide

- Dibujar la conexión de una lámpara controlada con un apagador sencillo. Usar figura 1.

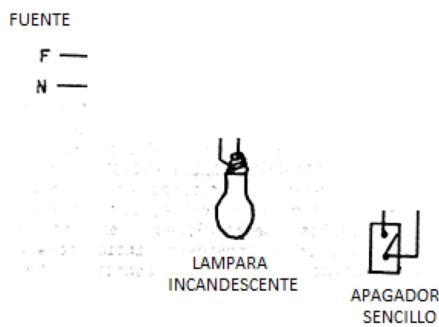


Figura 4

- Dibujar la conexión de una lámpara controlada con un apagador sencillo y un contacto sencillo. Usar figura 2.

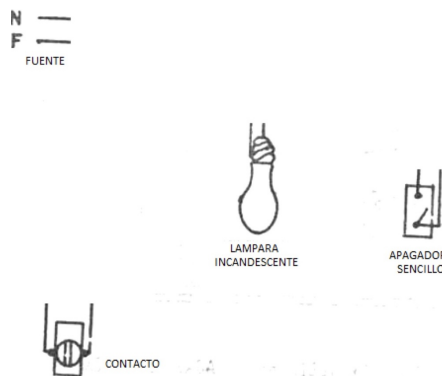


Figura 5

- Dibujar la conexión de dos lámparas controladas con un apagador sencillo localizado junto a un contacto sencillo. Usar figura 3.

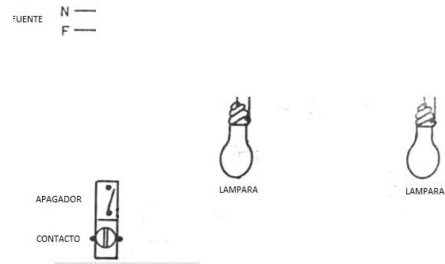


Figura 6

- Dibujar la conexión de una lámpara controlada con dos apagadores de tres vías o de escalera, utilizando puentes comunes. Usar figura 4.

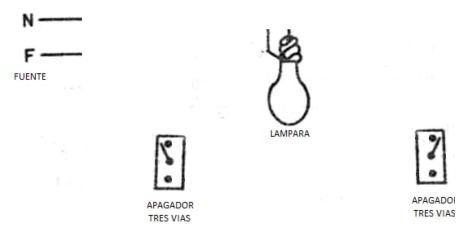


Figura 7

- Dibujar la conexión de una lámpara controlada con dos apagadores de tres vías y uno de cuatro vías o de paso. Ver figura 5.

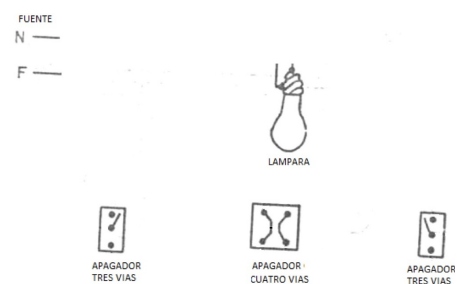


Figura 8

Discusión y conclusiones

Referencias