

3. Ley del inverso del cuadrado

3.1 Objetivos

3.1.1 General

Estudiar la ley del inverso del cuadrado de la distancia para la intensidad lumínica producida por una fuente de luz.

3.1.2 Específicos

- Calibrar las mediciones producidas por un sensor de intensidad de luz.
- Realizar medidas cuantitativas de intensidad de luz en función de la distancia de separación de una fuente puntual.
- Determinar una función experimental de intensidad de luz en función de la la distancia.

3.2 Referentes Conceptuales y Marco Teórico

En la vida cotidiana y en general en las actividades cotidianas que desarrolla el ser humano es normal escuchar expresiones como: *Esta luz es más intensa que aquella, ó, que una bombilla brilla mas que otra, que un recinto o habitación no se encuentre bien iluminada*, entre muchas otras. Todas haciendo referencia directamente a una descripción cualitativa de una variable física relevante de las ondas de luz, la intensidad.

La medición cuantitativa de la intensidad de una onda de luz es una rama de la óptica que se denomina **fotometría**, esta facilita la medición de un flujo luminoso o caudal de luz, la intensidad luminosa que puede provocar en una superficie una fuente de luz.

3.3 Actividades Previas al Laboratorio

17

Si se considera una fuente ondulatoria como, por ejemplo, el sonido o la luz, que se propaga desde una fuente puntual y en todas direcciones, la intensidad de la misma es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia al centro donde se origina.

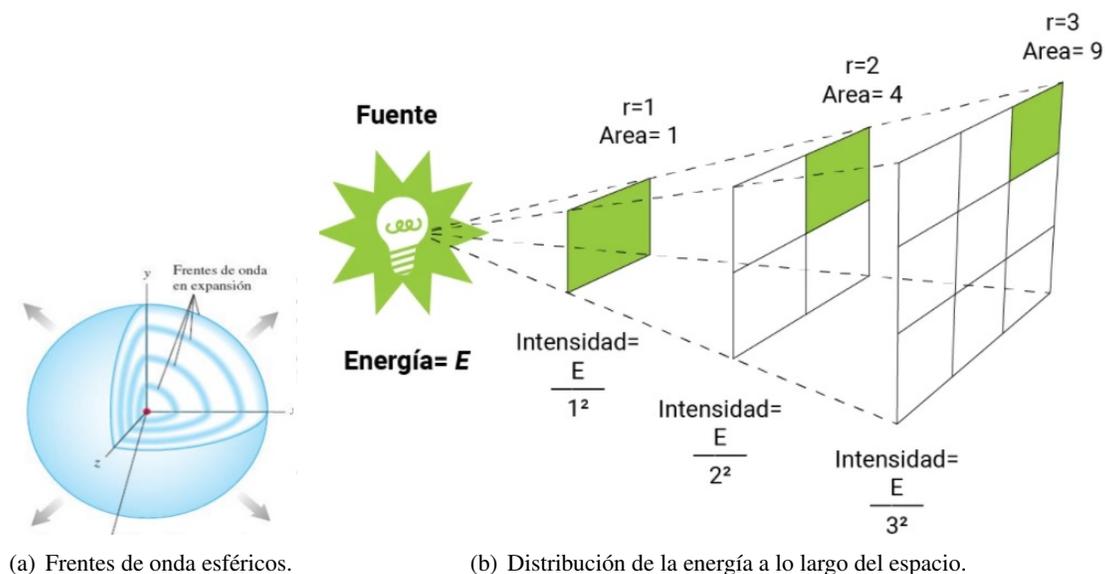


Figura 3.1: Ley del Inverso del Cuadrado.

Sea una fuente de luz cualquiera, tal que emite una cierta cantidad de energía por segundo se esparce a lo largo de esferas concéntricas a la posición de la fuente como se observa en la figura 3.1(a). En cuanto la energía se va propagando y alcanzando cada vez esferas mas externas hay “menos” luz, dado que se reparte la luz en más espacio. Es decir, hay más área en donde se reparte la cantidad de luz en cuanto más lejos se está de la fuente que origina la luz, por lo tanto, la intensidad de luz es menor a mayor distancia como se representa en los cuadros de color verde de la figura 3.1(b).

3.3 Actividades Previas al Laboratorio

Use sus apuntes de clase, lecturas adicionales, referencias bibliográficas propuestas en esta guía y/o adicionales, para contestar en forma adecuada las situaciones relacionadas con la densidad de diferentes sólidos y fluidos, propuestas a continuación:

1. ¿Qué es un frente de onda plano?
2. ¿Qué es un frente de onda esférico?
3. ¿Para que fuentes de luz se puede afirmar tendremos frentes de ondas planos?
4. ¿Para que fuentes de luz se puede afirmar tendremos frentes de ondas planos?

5. Investigue de que se trata la ley del inverso del cuadrado para la distancia.
6. La ley del inverso del cuadrado tiene múltiples aplicaciones, una de ellas esta directamente asociado con la fotografía. Observe el siguiente video https://www.youtube.com/watch?v=1zjh_FBImao.
7. Explique para que sirve la ley del inverso de la luz en la fotografía.

3.4 Materiales

Para la práctica de laboratorio se necesitan los siguientes elementos:

1. Fuente de luz con un selector de diferentes objetos.
2. Fuente de poder para el selector de luz (adaptador AC/DC).
3. Selector de aperturas de diferentes diámetros.
4. Sensor de luz y color Vernier Go Direct.
5. Soporte para sensor de Luz.
6. Riel óptico con una longitud de 122 cm.
7. Computador con puerto USB disponible ó dispositivo movil (smartphone, tablet, etc) con Vernier Graphical Analysis. Descárguela [aquí para Windows/macOS](#) ó en la tienda que corresponda (AppStore / Google Play) para su dispositivo móvil.
8. Guía de Laboratorio.



Figura 3.2: Materiales de laboratorio.

3.5 Procedimiento

Para conseguir resultados adecuados tenga presente los siguientes pasos.

1. Tome las dos piezas del soporte para sensor y ajústelas como se observa en la figura 3.3, tenga presente las flechas que indican la dirección correcta.



Figura 3.3: Soporte para el sensor de luz y color.

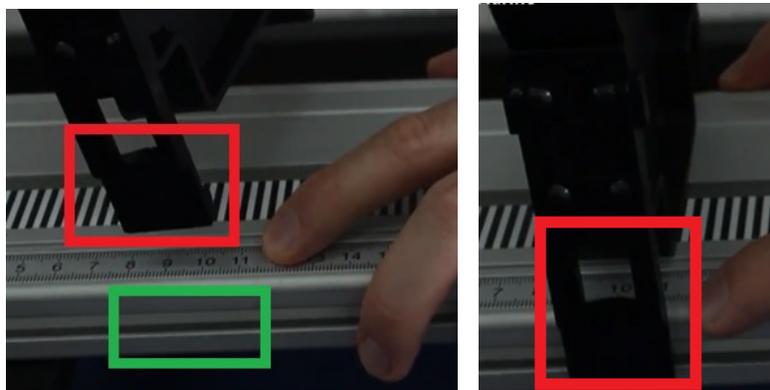
2. Ajuste el sensor de luz y color en el soporte colocándolo en la parte superior y aplicando un poco presión sobre el el resultado final se observa en la figura 3.4.



Figura 3.4: Configuración final del sensor de luz y color en el soporte.

3. Tome el riel óptico y sobre él instale la fuente de luz con el selector de diferentes objetos. Para ello basta con colocar el pin del soporte de la fuente de luz -resaltado en cuadro en color rojo en la figura 3.5(a)- sobre la canal lateral del riel óptico enmarcado en el cuadro verde de la figura 3.5(a). Debe asegurarse que el pin quede bien insertado en ambos costados del riel óptico y que sea fácil desplazar la fuente de luz a lo largo del riel, simplemente deslizando

la fuente de luz. Recuerde que en ninguna procedimiento debe hacer fuerza excesiva, las presiones que debe hacer son supremamente leves. Ajuste la posición de la fuente de luz a la marca de 10 *cm* en la cinta métrica del riel óptico como se observa en la figura 3.5(b).



(a) Instalación de la fuente de luz en el riel óptico.

(b) Ubicación en la marca de 10 *cm*.

Figura 3.5: Instalación adecuada de la fuente de luz con selector de objetos en el riel óptico.

- De manera análoga instale sobre el riel óptico el selector de aberturas ajustándolo en la marca de 15 *cm* y seleccionado la abertura circular mas pequeña posible. También, instale sobre el riel óptico el sensor de luz junto con su soporte en la marca de 25 *cm*. El montaje final tiene el aspecto que se muestra en la figura 3.6.

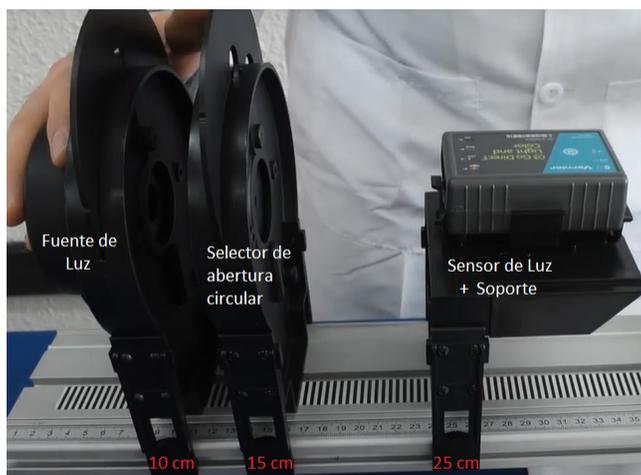


Figura 3.6: Montaje experimental.

3.5 Procedimiento

21

5. Antes de continuar asegúrese de instalar en el dispositivo a usar la aplicación Vernier Graphical Analysis. Descárguela [aquí para Windows/macOS](#) ó en la tienda que corresponda (AppStore / Google Play) para su dispositivo móvil.
6. Conecte el sensor de luz y color al PC o dispositivo móvil, bien sea mediante cable USB ó mediante una conexión bluetooth.
7. Abra la aplicación Vernier Graphical Analysis y asegúrese que el software a detectado el sensor conectado.
8. En la parte inferior de la pantalla ubique la opción *Ajustes de la toma de datos* como se muestra en la figura 3.7, e ingrese a ella.



Figura 3.7: Ajuste de la toma de datos.

9. Configure las opciones como se muestra en la figura 3.8. De forma tal que, la duración de la recopilación de datos sea 3 segundos, los demás parámetros se deben dejar como aparecen por defecto y haga clic en HECHO.

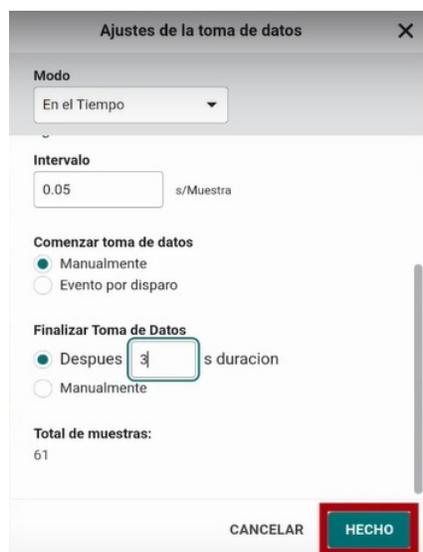


Figura 3.8: Ajuste del tiempo para la toma de datos.

10. En las opciones medida de la parte superior derecha del programa active *Grafica*: Permite observar la gráfica de luminancia en función del tiempo y *metros*: Muestra el valor instantáneo de la luminancia detectada por el sensor. Vea la figura 3.9.

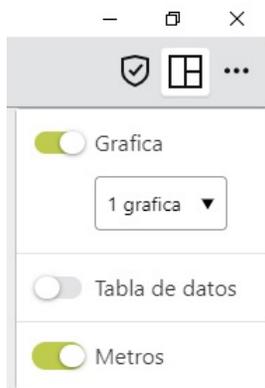


Figura 3.9: Ajuste de opciones del programa.

IMPORTANTE: El sensor de luz es capaz de medir cantidades muy pequeñas de intensidad de luz ó luminancia. Por lo cual es recomendable medir los datos experimentales en condiciones de oscuridad total, en lo posible trate de oscurecer al máximo el recinto donde realizará la práctica.

11. Antes de iniciar las mediciones experimentales, conecte en la parte posterior el adaptador de corriente a la fuente de luz y asegúrese de encender la misma usando el interruptor. Observe la figura 3.10.



Figura 3.10: Ajuste de opciones del programa.

3.5 Procedimiento

23

- Una vez adecuado todo el montaje encienda la luz y haga click en la opción de TOMAR DATOS en el vernier graphical analysis, recuerde que durante los 3 s posteriores se capturaran datos de intensidad de luz para la primera distancia, **QUE OBEDECE a 10 cm** dado que el selector de apertura circular se encuentra en la marca de 15 cm y el sensor en la marca de 25 cm. El aspecto final de esta primera medición se puede observar en la figura 3.11.



Figura 3.11: Toma de mediciones experimentales.

- Para determinar un valor promedio de la intensidad lumínica seleccione toda la región del gráfico desde 0 s hasta los 3 s y vaya a las opciones del gráfico -cuadro verde resaltado en la parte inferior izquierda de la figura 3.12-, allí seleccione *Mostrar estadísticas*. Ello le permitirá observar el valor promedio de las mediciones recolectadas -vea el cuadro de color rojo en la figura 3.12-.



Figura 3.12: Obtención del valor promedio de las mediciones realizadas.

14. Consigne su primera medición de distancia $d = 0,10\text{ m}$ y el valor promedio de la intensidad de luz I en lux en la tabla 3.1.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $d\text{ (m)}$ | 0.10 | 0.15 | 0.20 | 0.25 | 0.30 | 0.35 | 0.40 | 0.45 | 0.50 | 0.55 | 0.60 | 0.65 | 0.70 | 0.75 | 0.80 | 0.85 | 0.90 |
| $I\text{ (lux)}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tabla 3.1: Datos experimentales

15. Ahora, desplace el sensor de luz y color 5 cm alejándolo de la fuente de luz, repita los numerales 12 y 13. Nuevamente consigne el valor de Intensidad de luz para la distancia correspondiente en la tabla 3.1.
16. Repita el numeral 15 para cada distancia hasta llegar a una distancia $d = 0,90\text{ m}$ del selector de aberturas y consigne todos sus resultados en la tabla 3.1.

3.6 Análisis Cuantitativo y Cualitativo

- Utilice los datos experimentales registrados en la tabla 3.1 y construya un gráfico de Intensidad de luz vs Distancia.
- ¿Qué interpretación puede dar al resultado obtenido en la gráfica del numeral anterior? ¿Parece ser consistente con el modelo que predijo en las actividades previas? ¿Cómo puedes saberlo?.
- Ajuste sus datos experimentales a un modelo de cuadrado inverso.
 - Graficando I vs d^2 . ¿Qué esperaría del comportamiento de esta gráfica?
 - Ó realizando el ajuste adecuado mediante papel log-log.
- ¿Qué tan bien se ajusta el modelo a sus datos experimentales? ¿Sus datos siguen aproximadamente a una función de cuadrado inverso?. Explique en detalle sus respuestas.
¿Concuerta la ecuación de su modelo de intensidad de luz usando las esferas concéntricas?. Explique en detalle sus respuestas.

3.7 Referencias

- Hecht, E. (2019). *Optics* (5^a ed.). Pearson Education.
- Luis Diego Marín Naranjo. (2009). *ANÁLISIS DE LA LEY DE CUADRADO INVERSO PARA MEDICIÓN PRÁCTICA DE ILUMINANCIA* (Ingeniería 19 (1): 87-96, ISSN: 1409-2441. San José, Costa Rica.
- DeCusatis, C. (1998). *Handbook of applied photometry*. New York: Optical Society of America OSA.
- Tipler, P. A. (2010). *Física. 6ed. Vol. 2*. Reverté.