

**El efecto de la polarización en el funcionamiento de las lentes de Sol.**

**Clave de registro:** CIN2017A20264

**Escuela de procedencia:** Escuela Tomás Alva Edison

**Autores:**

Jorge Allan Gómez Mercado

Gonzalo Alberto García Muñoz

**Asesores:**

Govea Anaya Guillermo Alberto

Zarzosa Pérez Alicia

**Área de conocimiento:** Ciencias Fisicomatemáticas y de las Ingenierías

**Disciplina principal:** Física

**Tipo de investigación:** Experimental

**Lugar:** México, D.F

**Fecha:** 20 de febrero del 2017

## **Resumen**

La polarización de la luz es un fenómeno en el cual, mediante la selección específica de ciertas orientaciones de los rayos luminosos con los cuales se les modifica el comportamiento de dicho haz y se absorben las componentes de la dirección preferencial del polarizador. De esta forma se estudiara como al ir modificando el grado de absorción del efecto de la polarización mediante el giro y alineamiento perpendicular paulatino de dos polarizadores, por lo que se encontrara la intensidad lumínica o cantidad de luz que logra cruzarlos. El estudio se realizara mediante el uso de una caja negra con un orificio mediante el cual se filtrara la luz con polarizadores. Se espera encontrar un patrón de difusión de la luz descrito por una función que dependerá del movimiento de dicho par de polarizadores. Se estudiaron los resultados en comparación con leyes teóricas que describen el comportamiento de la luz durante el fenómeno de la polarización.

Palabras Clave: Polarización, Luz, ondas electromagnéticas, intensidad lumínica.

## **Abstract**

Polarization of light is a phenomena in which by specific selection of orientations in light rays in which the light beam behavior is altered and a particular components of oscilation in the polaroid areabsorbed. In this way, we will study the way in which modifying the polaroid alignment influences the degree of absorption in polarization effect. Thus, we will be able to quantify the intensity of the light that manages to penétrate the two polaroids. This study will be done with a black box with a hole with two polaroids. We expect to find a pattern of light diffusion described by a function that will depend upon the movement of the polaroids. The results were compared with theoretical data that describe the behavior of light in polarization.

Keywords: Polarization, light, electromagnetic waves, luminic intensity.

## Introducción

El ser humano ha utilizado el fenómeno de la polarización para dispositivos de diferentes áreas donde ha ayudado a lograr descubrimientos y avances; los ejemplos más comunes que podemos encontrar en la vida cotidiana son: el efecto 3D en las películas, las carretas de las cintas de películas, y las gafas de sol que se ocupa en la aviación, entre otros. El surgimiento de esta tecnología a supuesto un gran avance en varias áreas del conocimiento.

El efecto de la polarización se descubrió con la calcita, observando que ciertas ondas se reflejaban y otras no, provocando un oscurecimiento en la imagen a través de la calcita. Gracias a este tipo de descubrimientos se empezaron a usar en otras áreas como la aviación para proteger la vista de los aviadores contra los rayos UV, y poco a poco se fueron implementando en aparatos electrónicos para resaltar algunos detalles en particular para mejorar la calidad de la imagen. El uso de este tipo de efectos son muy prácticos de analizar, por lo que se busca en este trabajo es encontrar la relación de a intensidad de la luz que termina pasando con respecto a los ángulos existentes entre dos polarizadores.

## Planteamiento del problema

¿Qué hacen los lentes de sol cuando sobre ellso incide la luz del Sol? Si se utilizan dos polarizadores, entonces, al ir aumentando los grados en de inclinación entre un polarizador y otro, ¿qué cantidad de luz es la que se impide que pase del otro lado?

## Hipótesis

La polarización es un fenómeno que "selecciona" haces luminosos y consiste en un proceso de bloqueo u obstrucción de la luz que atraviesa a los lentes oscuros. Por tanto, si un haz luminoso atraviesa dos polarizadores, entonces la intensidad de éste sufrirá un cambio proporcional al ángulo relativo que existe entre los polarizadores.

## Justificación y sustento teórico

La luz es una onda electromagnética que está conformada por un campo eléctrico y un campo magnético que son mutuamente perpendiculares y que oscilan de forma idéntica en el espacio. La polarización es una propiedad que poseen todas las ondas electromagnéticas que consiste en la oscilación de los campos eléctrico y magnético en una orientación específica. En principio, las ondas electromagnéticas pueden oscilar en cualquier dirección arbitraria. Se dice que una onda electromagnética está polarizada cuando ésta oscila en una dirección específica.

## **Objetivos**

### Objetivo General

Caracterizar el fenómeno de la polarización y analizar el papel que tiene este fenómeno físico en el funcionamiento de los lentes de sol.

### Objetivos Específicos

Analizar la relación que guarda la intensidad luminosa con el cambio en la dirección a la que se coloca un polarizador.

## **Fundamentación teórica**

### Luz y ondas electromagnéticas

La luz es una onda electromagnética (Figura 1.) compuesta por dos componentes –la eléctrica y la magnética – que son mutuamente perpendiculares y que oscilan en fase de forma simultánea.

Si bien existen dos tipos de ondas: las transversales y las longitudinales, las ondas electromagnéticas corresponden a la categoría de ondas transversales ya que su dirección de oscilación es perpendicular a la dirección de desplazamiento de la onda.

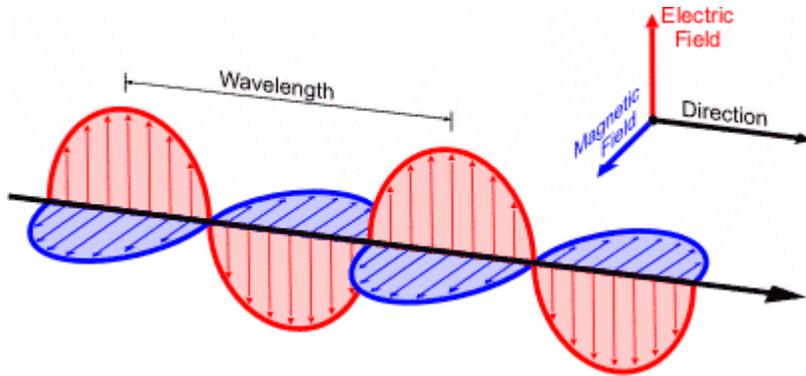


Figura 1. Ejemplo de la onda electromagnética que es la luz. Imagen tomada de: <https://xabierjota.wordpress.com/2013/02/13/hagase-la-luz-y-la-luz-se-hizo-onda-electromagnetica-ii/>

Las ondas electromagnéticas tienen dos propiedades importantes: la longitud de onda ( $\lambda$ ) es la distancia física que existe entre dos puntos equivalentes de la onda; en cambio, la frecuencia ( $f$ ) es el número

de ciclos que se repiten por unidad de tiempo. El producto de la longitud de onda y la frecuencia es la velocidad que, en el caso de ondas electromagnéticas es la velocidad de la luz y está dada por:

$$c = \lambda f$$

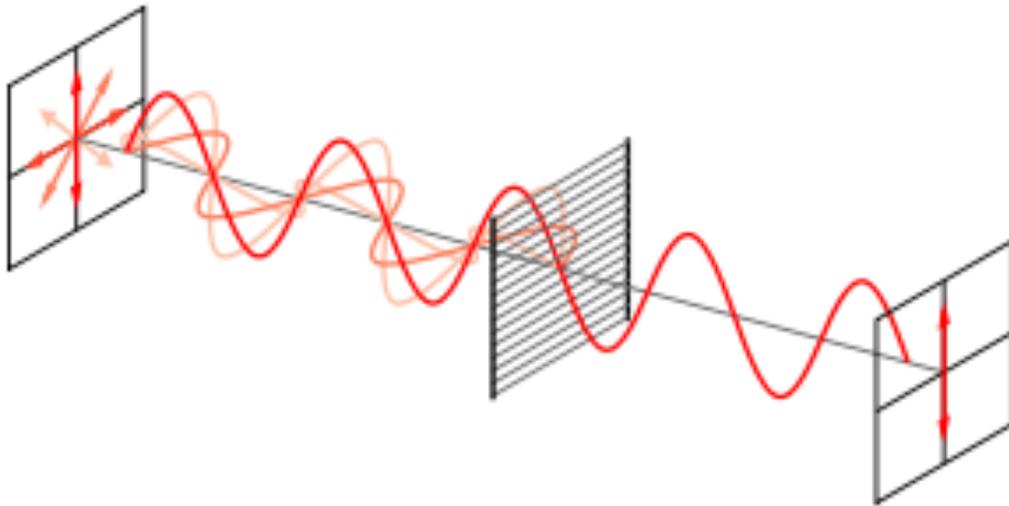


Figura 2. Dos polarizadores, uno frente a otro.

Imagen tomada de: <http://www.lucescei.com/estudios-y-eficiencia/extractos-libro-blanco-de-iluminacion/la-transmision-de-la-luz-a-traves-de-un-medio-transparente/>

La energía de una onda electromagnética es inversamente proporcional a su longitud de onda. Así, mientras mayor sea la longitud de onda de una onda electromagnética,

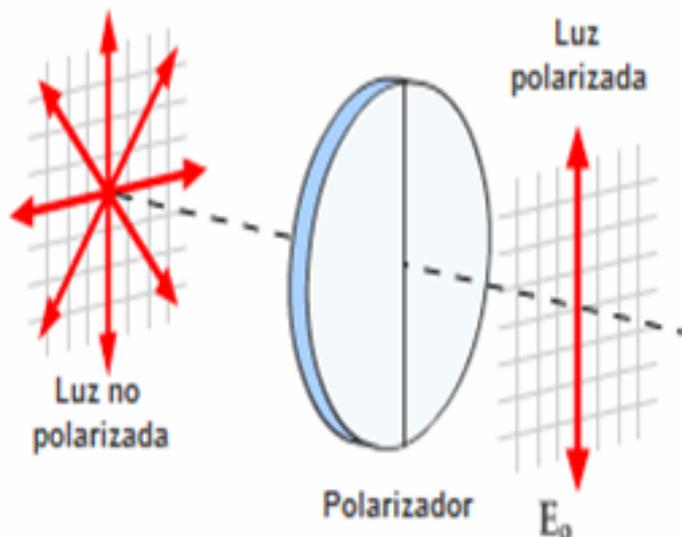


Figura 3. Imagen del efecto de un polarizador. Imagen tomada de: <https://historiadelatalidomidaug.wordpress.com/2011/05/06/descubrimiento-de-la-polarizacion-de-la-luz-huygens-2/>

menor será la energía que posea. La energía de una onda electromagnética está dada por:

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

En términos de la frecuencia, se tiene que la energía se puede calcular mediante la expresión:

$$E = hf$$

donde  $h$  es la constante de Planck.

La luz, o también llamada luz visible, es una onda

electromagnética cuyo rango de longitudes de onda aproximadamente va de 400 nm (color violeta) a 700 nm (color rojo)

La amplitud es otra característica importante de una onda electromagnética y es la mitad de la distancia vertical que existe entre dos crestas sucesivas.

### Polarización

La polarización de una onda electromagnética es una propiedad que consiste en la orientación específica en la que oscilan sus campos eléctricos y magnéticos. Para analizar la

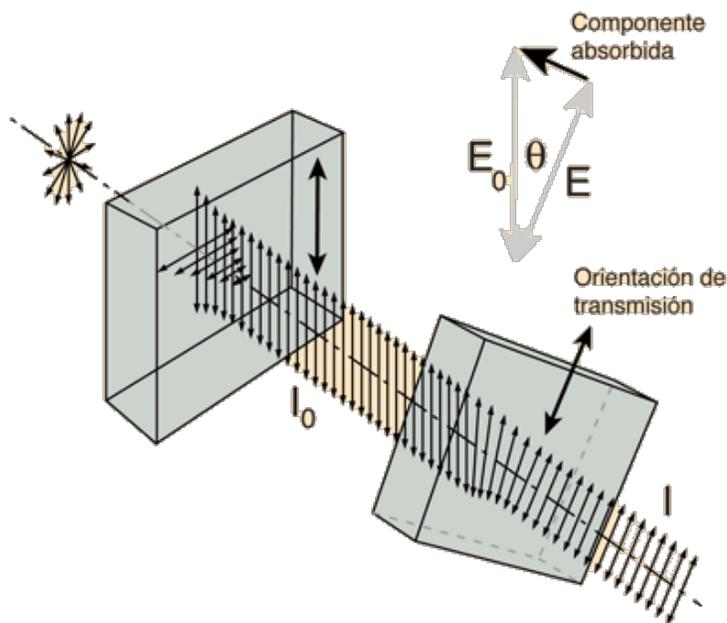


Figura 4. Ley de Malus ejemplificada. Imagen tomada de: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/phyopt/polcross.html>

polarización que posee una onda electromagnética determinada, generalmente se estudia el campo eléctrico y se asume que exactamente el mismo comportamiento se presenta con el campo magnético. Existen tres tipos de polarización: lineal, elíptica y perpendicular.

La polarización lineal ocurre cuando el vector de campo eléctrico de la onda oscila en un plano de modo tal que, vista de frente, la onda traza un segmento de recta cuya longitud corresponde con la amplitud de la onda. Por otro lado, la polarización circular es aquella en la cual el vector de campo eléctrico oscila y describe una trayectoria circular de modo que, conforme la onda avanza, el desplazamiento del campo eléctrico es perpendicular al círculo que traza y éste genera una trayectoria en espiral. El caso de la polarización elíptica es semejante al de la polarización circular; sin embargo, en este caso, el campo eléctrico oscila en una curva cerrada menos excéntrica. Al poner un sólo polarizador en frente de la luz solamente se eligen las componentes que oscilan en una dirección preferencial. Las componentes que oscilan en cualquier otra dirección son absorbidas. Al poner dos polarizadores (Figura 2) uno frente de otro es posible seleccionar con mayor especificidad la dirección de las ondas electromagnéticas de modo que, cuando un haz de luz atraviese el primer polarizador, éste seleccionará una dirección preferencial de oscilación que posteriormente podrá "filtrarse" aún más por el segundo polarizador. El resultado de que un haz de luz atraviese los dos polarizadores se traduce en un cambio en la intensidad luminosa que se relaciona con el ángulo entre los polarizadores mediante la ley de Malus (Figura 3) que establece que la intensidad de la luz que atraviesa dos polarizadores es directamente proporcional a la intensidad del haz de luz que incide en el primer polarizador y el cuadrado del coseno del ángulo que existe entre los dos polarizadores. Matemáticamente:

$$I = I_0 \cos^2 \theta$$

Donde  $I$  es la intensidad del haz de luz que atraviesa los dos polarizadores,  $I_0$  es la intensidad del haz de luz original que incide en el primer polarizador y  $\theta$  es el ángulo que existe entre los polarizadores.

## Polarizadores

Un filtro polarizador (Figura 4) o un polarizador es un material que tiene la capacidad de filtrar las ondas electromagnéticas, de tal forma que a través de él solo logran propagarse determinada dirección de oscilación del campo eléctrico de a onda, siendo que se bloquea o absorbe el resto de "planos de polarización".



Figura 5. Caja negra utilizada durante el experimento.

## Metodología de Investigación

Antes de comenzar el experimento se oscureció un laboratorio para evitar la menor cantidad de luz posible que pudiese interferir durante el proceso del experimento. En frente de una caja negra en forma de cubo (Figura 5.), hecha de mampara, se hizo una pequeña apertura en frente de la cual se colocaron dos polarizadores que

fueron tomados de la pantalla de calculadoras electrónicas, que filtrarán la luz que ingresará desde el exterior de la caja por medio de otra abertura con el tamaño de los polarizadores y con la capacidad de girarse de cinco grados en cinco grados, hacia el interior de la caja a través de la apertura.

Después se hizo pasar un haz de luz que atravesó ambos polarizadores, uno colocado frente al otro, y se evaluó por medio de un detector de intensidad luminosa (Figura 6.) cómo cambió la intensidad luminosa cuando el ángulo varió el ángulo relativo entre los polarizadores. Se midieron entonces valores para el ángulo entre polarizadores y la intensidad luminosa (medida en lux) que posteriormente fueron graficados y normalizados para facilitar el manejo de la información. Una vez que se obtuvo una gráfica a partir de los datos experimentales, se utilizó la ley de Malus, ya para relacionar

de forma teórica al ángulo entre los polarizadores y la intensidad de luz que a traviesa a los mismos. Con la fórmula de esta ley se pudo realizar una gráfica teórica de intensidad relativa contra ángulo relativo entre los polarizadores y se comparó la curva formada contra la obtenida a partir de datos experimentales.

A partir del análisis de las curvas se determinó el mecanismo bajo el cual funciona la polarización de la luz y se discutió su aplicación en la fabricación de lentes para el sol.

### **Resultados y Análisis**

En la gráfica XX se observa la gráfica de intensidad luminosa relativa contra el ángulo entre los polarizadores. Asimismo, puede verse la gráfica teórica que relaciona la intensidad con el ángulo mediante la ley de Malus. Se puede ver cómo los valores experimentales (Figura 7.) se aproximan muy bien a la gráfica teórica cuando la intensidad relativa supera el valor de 0.5. Sin embargo para valores menores la curva teórica se aleja de los valores experimentales.

Este comportamiento se asocia al hecho de que el detector utilizado no tiene la precisión suficiente para registrar diferentes intensidades luminosas en la presencia de poca luz. Así pues, se consiguió corroborar la ley de Malus únicamente para valores altos de intensidad luminosa. Debido a estas dificultades dentro de las limitaciones de materiales o herramientas utilizadas durante el proceso, se esperaría que mejorando la calidad del detector se pudiesen obtener valores más cercanos a la gráfica teórica.

Al observar el comportamiento de los polarizadores se puede concluir que las lentes de sol funcionan como un filtro que selecciona determinados haces de luz que oscilan en una dirección preferencial. De esta manera, los lentes en ocasiones sirven para proteger a la vista de destellos o brillos en las calles: Cuando un material específico

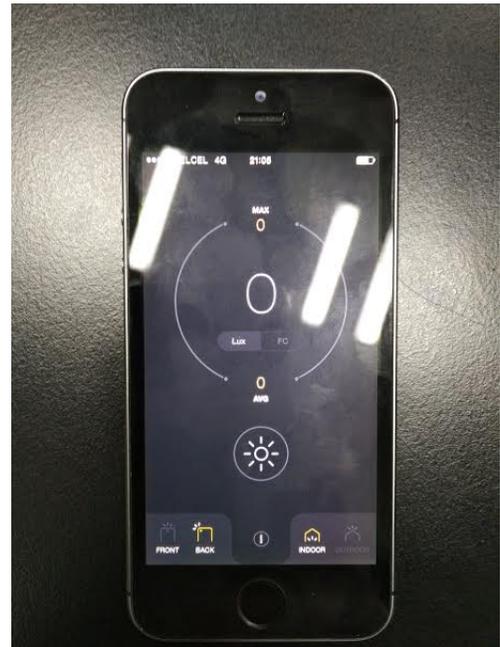


Figura 6. Para medir la intensidad de la luz se utilizó una aplicación descargada en un celular.

resplandece, la luz que emana de dicho cuerpo oscila en diversas direcciones. Sin embargo, cuando esa luz atraviesa los polarizadores de los lentes oscuros, sólo la luz que oscila en una dirección determinada por los polarizadores atraviesa las lentes. Esto significa que de todos los haces de luz que emanan del cuerpo brillante, sólo algunos consiguen llegar a la vista del usuario de los lentes quien, gracias a los polarizadores no detecta el brillo proveniente del objeto.

Las lentes oscuras que no tienen polarizador, en cambio, basan su funcionamiento

### **Conclusiones**

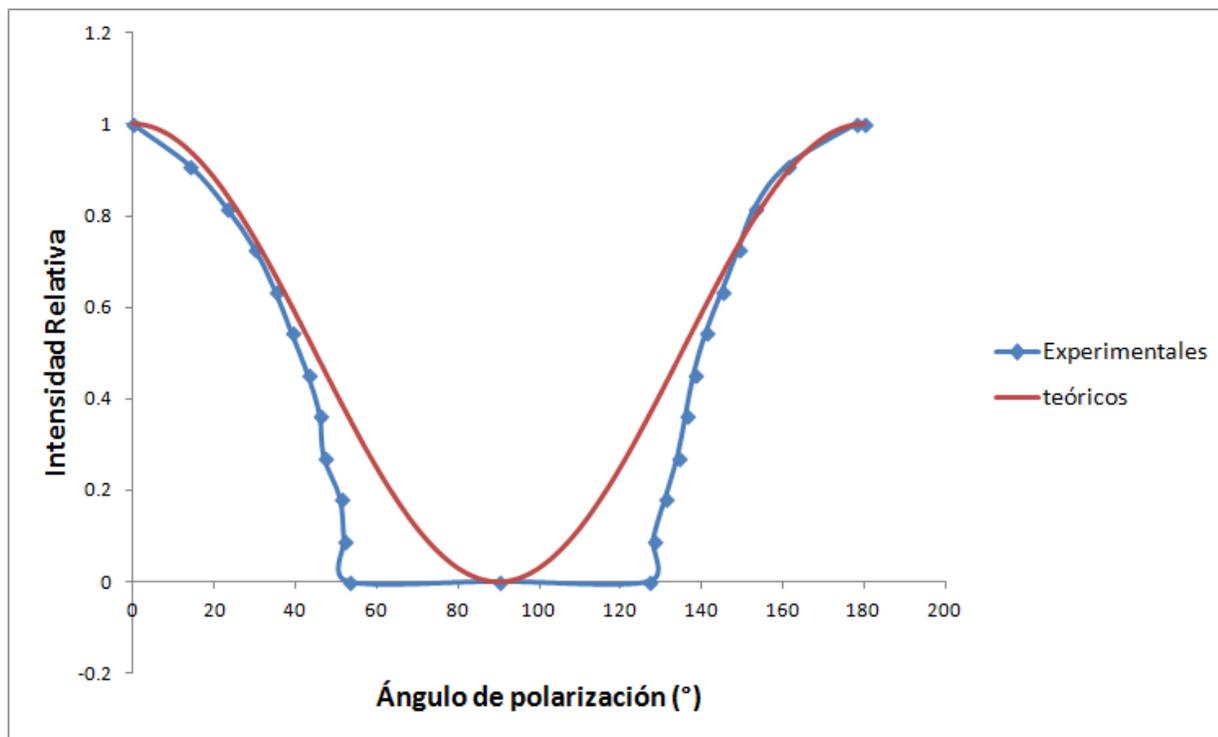


Figura 7 Comparación entre los datos obtenidos y la gráfica teórica.

Con este experimento se pudo concluir que la intensidad de luz captada por el detector de intensidad lumínica, cambiaba de acuerdo al ángulo de rotación que se estuvo modificando durante el proceso. Tales datos entran en conrconrdanciacon la antes citada Ley de Malus, relacionando el ángulo relativo entre los polarizadores con la intensidad luminosa, lo cual fue exitoso ya que conforme se aumentaba el ángulo relativo se fue disminuyendo la cantidad de luz que atravesaba a los polarizadores.

Sin embargo, aún queda pendiente hacer un análisis y una comparación teórico-experimental

### **Referencias**

1. Resnick, R., Halliday, D., Krane, K., (2002) Física, vol. 2. México: Patria
2. Serway, R., (1993). Física, vol 2. México: Mc Graw Hill.
3. Tipler. P., (2002). Física para la Ciencia y la tecnología, vol 2. México: Reverté