



Universidad de Valladolid

FACULTAD DE CIENCIAS

Grado en Óptica y Optometría

MEMORIA TRABAJO FIN DE GRADO TITULADO

**“Estudio de los filtros
azules y su aplicación en
lentes oftálmicas”**

Presentado por: Rubén Asenjo Rodríguez

**Tutelado por: Irene Sánchez Pavón y David
Mateos Villán**

Tipo de TFG: Revisión Investigación

En Valladolid a, 5 de Marzo de 2024

ÍNDICE

Resumen.....	2
Abstract.....	3
1. Introducción.....	4
2. Material y método.....	7
2.2 Material.....	7
2.2 Método.....	8
3. Resultados.....	10
4. Discusión.....	13
5. Conclusión.....	16
6. Bibliografía.....	17

RESUMEN

Introducción: La luz azul forma parte del espectro de luz visible, que comprende desde los 380 nm hasta los 750 nm. Existen dos principales tipos de luz azul; azul-violeta (380-440 nm) y azul-turquesa (440-500 nm). Esta parte de luz visible es emitida en su mayoría por aparatos electrónicos y por luces artificiales. Por un lado, la luz azul-violeta puede llegar a ser dañina produciendo problemas visuales tras su exposición prolongada, como fatiga visual, cansancio ocular o supuesta relación con patologías del globo ocular. Por el contrario, la luz azul-turquesa tiene efectos beneficiosos para el sistema visual teniendo un papel fundamental en el ritmo circadiano y en el descanso. También tiene impacto en la progresión de la miopía en niños. El objetivo principal de este trabajo es evaluar la transmitancia que ofrecen los diferentes filtros comerciales de luz azul.

Material y método: Para poder hacer este trabajo, se han utilizado los resultados obtenidos de experimentos anteriores basados en obtener la transmitancia espectral usando una fuente de iluminación de 1000W, 4 lentes de varios fabricantes (Blue Zero de Shamir, Quarz Blue de Prats, Crizal Prevenza de Essilor y Energy Blue IR de INDO), y un espectroradiómetro "LI-COR" 1800. Estos materiales se montan en un banco óptico con un correcto alineamiento en altura y en eje.

Resultados: La primera de las lentes estudiadas es la "Blue Zero" del fabricante Shamir, donde se muestran valores de transmitancia cercana al 95% en 450 nm disminuyendo ligeramente hasta el 80% a los 1100 nm. En el caso de la lente "Quarz Blue" del fabricante Prats se obtienen valores de transmitancia del 85% en 450 nm, bloqueando casi la totalidad de la luz azul-violeta y dejando pasar el 15% en torno a 420 nm. La siguiente lente es la "Crizal Prevenza" de Essilor, donde hay valores del 60% para longitudes de onda cortas y teniendo valores cercanos al 95% a los 450 nm. La última de las lentes es la "Energy Blue IR" de INDO, donde la transmitancia aumenta rápidamente hasta casi el 100% a los 450 nm y siendo este valor estable hasta el inicio de incisión de la luz infrarroja (700 nm) para descender posteriormente hasta obtener unos valores del 50% a los 1000 nm.

Conclusión: En este trabajo de fin de grado, se ha comprobado si los filtros comerciales de protección de luz azul de diferentes fabricantes son efectivos frente a la luz azul-violeta, permitiendo que la luz azul-turquesa pase a través de ellos, comprobando la veracidad de las características de las lentes que los fabricantes presentan en sus tarifas. Se ha concluido que no es del todo cierto lo que los fabricantes informan sobre la protección frente a la luz azul-violeta, dejando pasar gran cantidad hacia el sistema visual. Las lentes más efectivas frente a la luz azul-violeta son la "Blue Zero" y la "Energy Blue IR", donde la transmitancia es cercana al 0% a los 415 nm y teniendo un rápido crecimiento hasta los 430 nm con transmitancias del 80%, mientras que ambas lentes dejan pasar el 100% para longitudes de onda de entre 450 nm y 495 nm (luz azul-turquesa).

ABSTRACT

Introduction: Blue light is part of the visible light spectrum and ranges from 380 nm to 750 nm. There are two main types of blue light; blue-violet (380-440 nm) and blue-turquoise (440-500 nm). This part of visible light is mostly emitted by electronic devices and artificial lights. On the one hand, blue-violet light can be harmful, causing visual problems after prolonged exposure, such as visual fatigue, eye damage or an alleged relationship with pathologies of the eyeball. On the other hand, blue-turquoise light has beneficial effects on the visual system, playing an important role in the circadian rhythm and rest. It also has an impact on the progression on myopia in children. The main objective of this work is to evaluate the transmittance offered by the different commercial blue light filters.

Material and methods: In order to do this work, the results obtained from previous experiments based on obtaining spectral transmittance using a 1000W light source have been used, 4 lenses from different manufacturers (Shamir's Blue Zero, Prat's Quarz Blue, Essilor's Crizal Prevenza and INDO's Energy Blue IR), and a "LI-COR" 1800 have been analyzed. These materials are mounted on an optical bench with correct alignment in height and axis.

Results: The first of the lenses studied is the "Blue Zero" from the manufacturer Shamir, where transmittance values close to 95% are shown at 450 nm, decreasing slightly to 80% at 1100 nm. In the case of the "Quarz Blue" lens from the manufacturer Prats, transmittance values of 85% at 450 nm are obtained, blocking almost all blue-violet light and letting 15% pass through at around 420 nm. The next lens is Essilor's "Crizal Prevenza", where there are values of 60% for short wavelengths and having values close to 95% at 450 nm. The last of the lenses is INDO's "Energy Blue IR", where the transmittance increases rapidly to almost 100% at 450 nm and this value is stable until the beginning of the incision of the infrared light (700 nm) and then decreases until 50% at 1000 nm.

Conclusion: In this final degree project, it has been verified if the commercial filters of blue light protection from different manufacturers are effective against blue-violet light, allowing blue-turquoise light to pass through them, checking the veracity of the characteristics of the lenses that manufacturers present in their rates. It has been concluded that what manufacturers report about protection against blue-violet light is not entirely true, allowing a large amount to pass into the visual system. The most effective lenses against blue-violet light are the "Blue Zero" and the "Energy Blue IR", where the transmittance is close to 0% to 400 nm and having a fast growth up to 430 nm with 80% transmittances, while both lenses let 100% pass for wavelengths between 450 nm and 495 nm (blue-turquoise light).

1. INTRODUCCIÓN

La luz azul (380 nm – 495 nm) es una parte del espectro visible que juega un papel fundamental en los seres humanos. Este tipo de luz no solo se encuentra en la emitida por el sol, sino que también es producido por las luces artificiales, así como por los dispositivos electrónicos que forman parte de nuestro día a día. Dentro de esta franja de luz visible se observa una división entre la luz azul-violeta y luz azul-turquesa. La luz azul-violeta (entre los 380 nm y los 440 nm) es supuestamente nociva para la salud, asociándose presumiblemente con la fatiga y cansancio visual [1] o efectos dañinos en los fotorreceptores de la retina, aunque sin estudios clínicos que lo verifiquen [2]. Sin embargo, a la luz azul-turquesa (entre 440 nm y los 500 nm), se le atribuyen propiedades beneficiosas para el ser humano, como la regulación del ciclo circadiano, y parece influir como mecanismo de protección a la progresión de la miopía como concluyen diversos estudios [3-5].

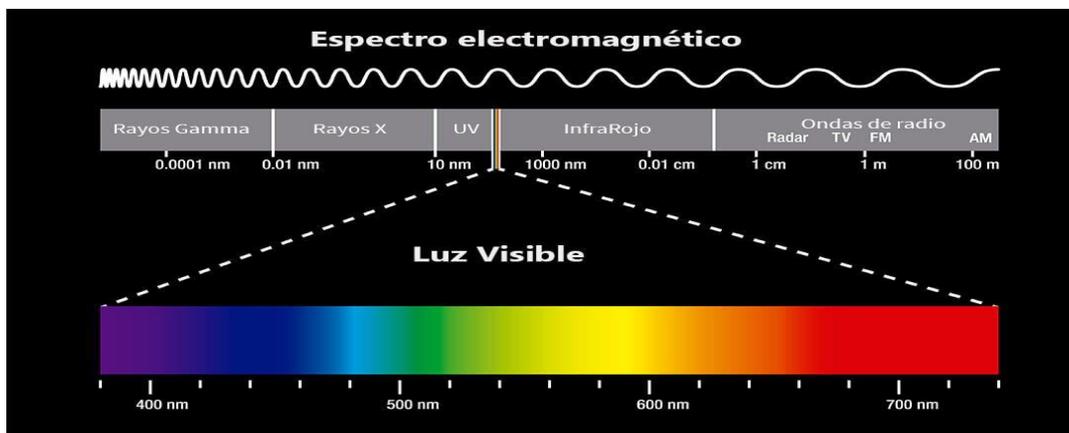


Figura 1. Representación gráfica del espectro visible

El efecto beneficioso de la luz azul-turquesa (440-500 nm) sobre la sincronización circadiana, la calidad del sueño, el estado de ánimo y el rendimiento cognitivo depende no solo de la composición espectral de la luz, sino también del momento de la exposición, su intensidad y su duración. La exposición a la luz azul de entre 440 nm y 500 nm durante el día es importante para suprimir la secreción de melatonina, hormona que es producida por la glándula pineal y juega un papel crucial en el ritmo circadiano, ya que ayuda a mantener sincronizado el reloj biológico [6]. Si bien la exposición a longitudes de onda correspondientes al color azul-turquesa es importante para mantener el bienestar, el estado de alerta y el rendimiento cognitivo del organismo durante el día. Sin embargo, la exposición crónica a la luz azul-turquesa de baja intensidad en el horario inmediatamente previo al sueño podría tener serias implicaciones en la calidad del sueño, el ritmo circadiano y la duración del mismo, aunque hasta el momento los estudios que existen son escasos sin estar probado científicamente por completo [7-8].

Otro de los beneficios que ha demostrado la luz azul-turquesa (440- 500 nm), es que puede ayudar a disminuir la progresión de la miopía al estar expuestos de forma prolongada a este tipo de luz, por ejemplo, haciendo actividades al aire libre durante dos horas al día [9-10]. Por eso, aumentar el tiempo de exposición a la luz natural puede ser una buena estrategia para reducir el riesgo de desarrollo de la miopía y su progresión en niños y adolescentes de hasta 20 años [11-12].

Sin embargo, a la luz azul-violeta (entre los 380 nm y los 440 nm) se le atribuye algún efecto perjudicial. La exposición excesiva a esta luz puede provocar estrés oxidativo, muerte celular o daño en el ADN, desarrollando ojo seco, glaucoma y queratitis, aunque estudios clínicos más recientes han informado que esta última patología está más asociada a la luz ultravioleta (300-380 nm) emitida por la luz solar [13]. También puede causar daños fotoquímicos en los fotorreceptores de la retina y en el epitelio pigmentario de la misma [14], acelerando la aparición y evolución de degeneración macular asociada a la edad según un estudio en un modelo in-vitro [15].

En esta línea otro estudio concluye que, los dispositivos digitales como televisiones, ordenadores, tablets y móviles, que son usados frecuentemente en nuestra vida cotidiana, están compuestos a partir de luces LED. Las subcategorías más comunes son; OLED con más contraste en la imagen y AMOLED con más eficiencia energética y colores más vibrantes [16]. Esta última tecnología es más avanzada, aunque por el momento siguen siendo más habituales los dispositivos con luces OLED. Todas ellas emiten entre los 415 y los 455 nm, siendo la protección más eficaz utilizarlas de forma ocasional y durante un corto periodo de tiempo a una distancia corta [17-18].

Hay otro concepto de sumo interés a definir, la transmitancia. Se define como el cociente del flujo transmitido (I_t) por un haz de luz a través de una superficie y el flujo incidente (I_i) del mismo. La fórmula de la transmitancia es [19]:

$$T = \frac{I_t \cos \theta_t}{I_i \cos \theta_i} \quad (1)$$

Esta magnitud puede tomar valores distintos a lo largo del espectro, donde puede interesar tener una transmitancia nula, bloqueando por completo el paso de luz, para radiaciones UV y teniendo una transmitancia elevada para el espectro visible.

Cuando un haz de luz incide en una lente, parte es reflejada, parte es absorbida y el resto es transmitida por la lente. Por lo que en su valor en incidencia normal ($\theta_i = 0^\circ$), la transmitancia es el cociente entre las irradiancias, al ser los cosenos igual a 1, siendo estas magnitudes la cantidad de flujo radiante que incide sobre una superficie.

Además, es importante tener en cuenta que, a partir de los 450 nm la transmitancia es deseable que sea máxima, ya que si no habría una alteración de la percepción del color en nuestro espectro visible. Pero como se ha mencionado con anterioridad, sí que es necesario que haya una transmitancia nula de las longitudes de onda de entre 380 y 450 nm (luz azul-violeta), siendo esta luz supuestamente nociva para la salud.

El principal objetivo de este trabajo es evaluar la transmitancia que ofrecen los filtros comerciales de luz azul así como su posible repercusión en el sistema visual.

2. MATERIAL Y MÉTODO

2.1 Material

Las medidas de irradiancia se han realizado en el laboratorio de calibración radiométrica que posee el Grupo de Óptica Atmosférica de la Universidad de Valladolid. La instrumentación empleada se detalla a continuación:

- **Espectroradiómetro “LI-COR” 1800** (LI-COR Inc., Nebraska en 1991)

Este dispositivo mide la radiación espectral en diferentes rangos espectrales (ultravioleta, luz visible e infrarrojo cercano) desde 300 nm hasta 1100 nm en pasos de 1 nm.

Consta de un receptor coseno de cúpula y de una rueda con 7 filtros para seleccionar las longitudes de onda a estudiar. Tras esta rueda de filtros, la luz pasa por una rendija al monocromador hasta llegar a la rejilla holográfica, y así dispersar la radiación en sus componentes, tal y como se muestra en la Figura 2.

Las diferentes longitudes de onda atraviesan la rendija de salida para alcanzar el detector.

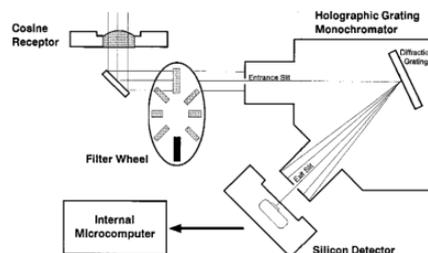


Figura 2. Esquema de la estructura del espectroradiómetro “LI-COR” [20]

- **Fuente de iluminación**

Como fuente de iluminación se ha escogido una lámpara FEL de 1000W que consta de un filamento de wolframio situado dentro de un vidrio de cuarzo, el cual no absorbe la radiación UV, facilitando que con este tipo de lámparas se puedan realizar estudios en la zona de longitudes de onda más bajas del espectro.

- **Lente oftálmica con filtro de luz azul**

Se han utilizado en este trabajo lentes diseñadas que incorporan un filtro a mayores del antirreflejante para reducir la cantidad de luz azul que las atraviese y por tanto que llegue al globo ocular.

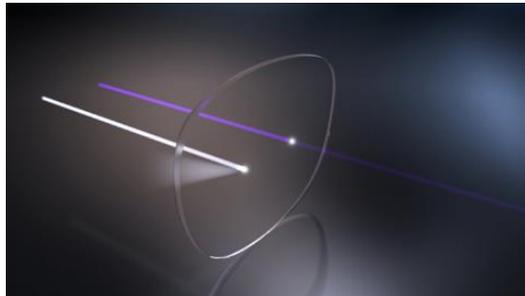


Figura 3. Lente “Blue Zero” de la marca “Shamir”

Las lentes utilizadas han sido concretamente:

1. Blue Zero: fabricada por la empresa “Shamir Optical Industry (Israel)”. Según describe en su catálogo, *“no se ven reflejos azules y se trata de una lente sin filtros que modifiquen su apreciación”*.
2. Quarz Blue: fabricada por la empresa “Industrias de Óptica Prats (España)”. Su tarifa informa de que *“esta lente tiene un tratamiento para bloquear la luz azul-violeta nociva mediante reflexión en la superficie de las lentes facilitando una visión nítida y una fácil limpieza, a la vez que permite el paso de la luz azul turquesa (franja beneficiosa) manteniendo la máxima transparencia”*.
3. Crizal Prevenza: esta lente es fabricada por la empresa “Essilor International S.A. (Francia)”. Según el catálogo detalla, *“presenta una absorción selectiva de UV y luz azul-violeta 3 veces mayor. No altera el ritmo circadiano, no compromete el contraste y la percepción del color”*.
4. Energy Blue Infrarrojo: esta lente es fabricada por la empresa “Indo Óptica (España)”. Detallando su tarifa que *“bloquea la luz ultravioleta, además de bloquear notablemente la radiación infrarroja, en cierta medida la luz azul-violeta y ligeramente la luz azul-turquesa”*.

2.2 Método

Para la realización de las medidas, el dispositivo se ha montado en un banco óptico para el correcto alineamiento de los diferentes elementos descritos anteriormente y así medir la transmitancia de la luz que atraviesa y bloquea la lente oftálmica con filtro de luz azul para conocer cuál es el valor de protección que proporciona esta lente al sistema visual. A un lado del banco, se colocará la fuente de iluminación sobre su soporte y a 40 cm de esta se dispondrá en espectroradiómetro LI-COR.

Se ha elegido la distancia de 40 cm para simular una distancia de trabajo en visión próxima como si se trabajase con un dispositivo móvil.

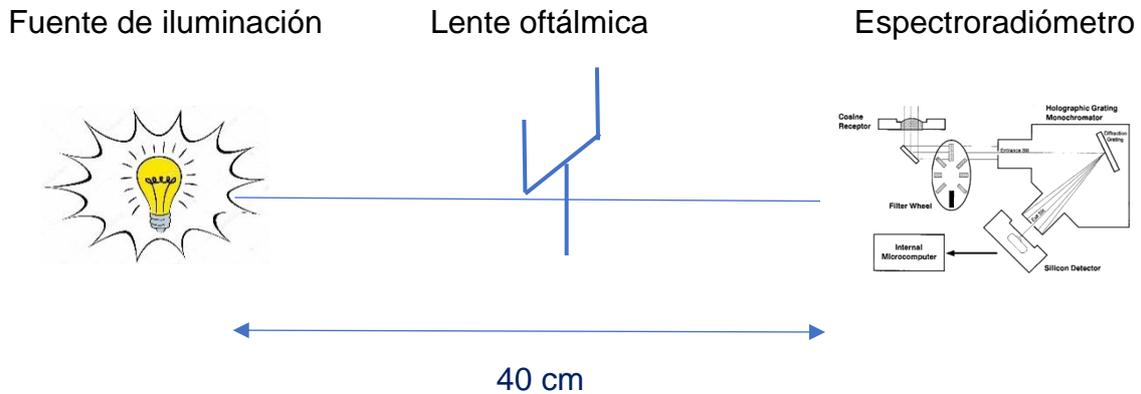


Figura 4. Esquema del montaje

Entre ambos elementos se colocará la lente oftálmica con filtro de luz azul, correctamente alineado en altura y compartiendo eje óptico. Una vez colocado todo el montaje experimental se procedió a la toma de valores y el posterior análisis de los resultados obtenidos. Antes de comenzar a realizar las medidas es necesario medir el offset, es decir, la cantidad de radiación que llega al detector al no haber ninguna luz encendida (I_{black}).

Este valor hay que tenerlo en cuenta a la hora de realizar las mediciones, aunque no va a tener ningún tipo de impacto en los resultados, debido a que es constante con la longitud de onda y con una señal prácticamente nula, pero es una constante necesaria para el cálculo de la transmitancia cuya fórmula es:

$$T (\%) = \frac{I_t - I_{black}}{I_i - I_{black}} \times 100 \approx \frac{I_t}{I_i} \times 100 \quad (2)$$

La ecuación (2) indica que la transmitancia, es el cociente entre la radiación que atraviesa un material y la cantidad de luz que incide sobre ella.

3. RESULTADOS

Para la toma de los resultados se realizaron medidas de transmitancia de varias lentes oftálmicas con el filtro de luz azul como son la “Blue Zero”, la “Quarz Blue”, la “Prevenza” y la “Energy Blue infrarrojo”, teniendo en cuenta la cantidad de luz que es capaz de pasar a través de la lente y las diferencias entre los distintos tratamientos de varias marcas.

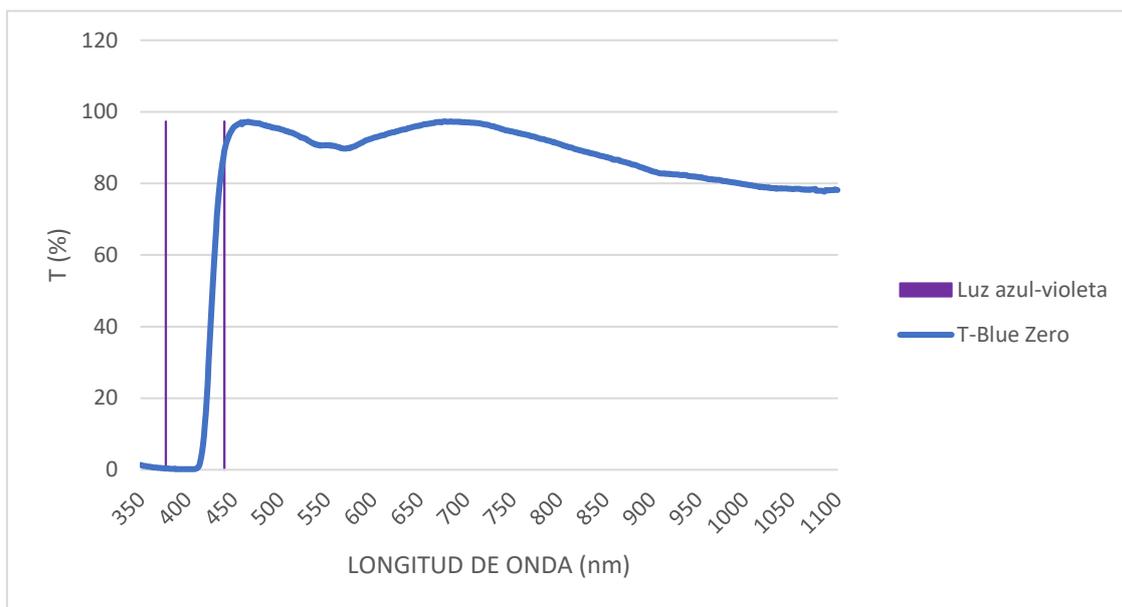


Figura 5. Transmitancia de la lente de luz azul “Blue Zero”

La Figura 5 muestra la transmitancia de la primera de las lentes. Esta es de la marca Shamir y se denomina “Blue Zero”. En la gráfica se delimitan mediante dos franjas moradas el rango espectral de luz azul-violeta (380-440 nm).

Esta transmitancia en 450 nm es cercana al 95%, disminuyendo suavemente hasta el 80% hasta los 1100 nm. Este aumento de la transmitancia a partir de los 400 nm representa que hay un mayor paso de luz, y por tanto menor protección frente a la luz azul, pero una transmitancia nula para la luz UV.

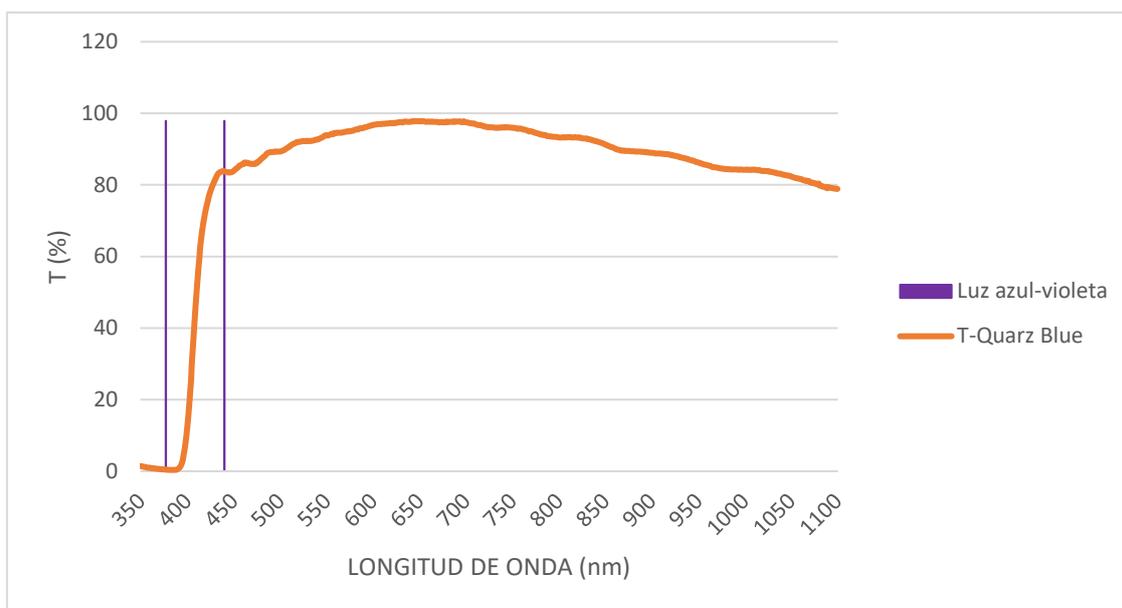


Figura 6. Transmitancia de la lente de luz azul “Quarz Blue”

La siguiente lente analizada es la “Quarz Blue” del fabricante Prats.

En la Figura 6 se observa que bloquea por debajo de los 380 nm, siendo efectiva para proteger contra la luz UV. A partir de esa longitud de onda, la transmitancia crece rápidamente hasta superar el 80% a partir de 430 nm, aumentando la transmitancia en todo el rango visible. Por tanto, la protección que presenta contra la luz azul es bastante limitada, bloqueando un 15% en el intervalo 450-460 nm. La transmitancia empieza a ser cercana al 100% a partir de los 500-550 nm, aunque luego va a sufrir un descenso a partir de los 750 nm, momento en el que acaba el espectro visible y comienza a actuar la luz infrarroja.

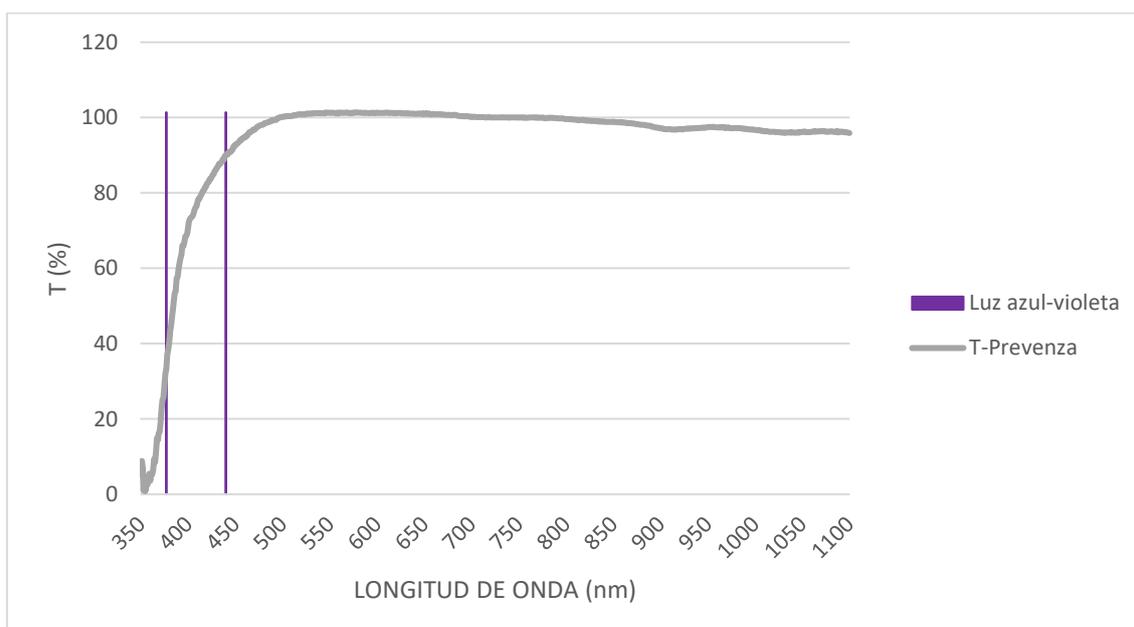


Figura 7. Transmitancia de la lente de luz azul “Crizal Prevenza”

La Figura 7 presenta los resultados obtenidos para la lente “Crizal Prevenza” de Essilor. Como puede observarse, su transmitancia aumenta rápidamente desde 350 nm, teniendo un valor del 60% a los 400 nm. Por tanto, dejando pasar una gran parte de la radiación UV incidente (hasta 380 nm). En torno a 430 nm presenta valores de transmitancia superiores al 87% aumentando en 460 nm hasta los 95%.

A partir del valor máximo de transmitancia alcanzado ya pasados los 500 nm, se mantiene un comportamiento bastante estable en todo el resto del espectro visible e infrarrojo.

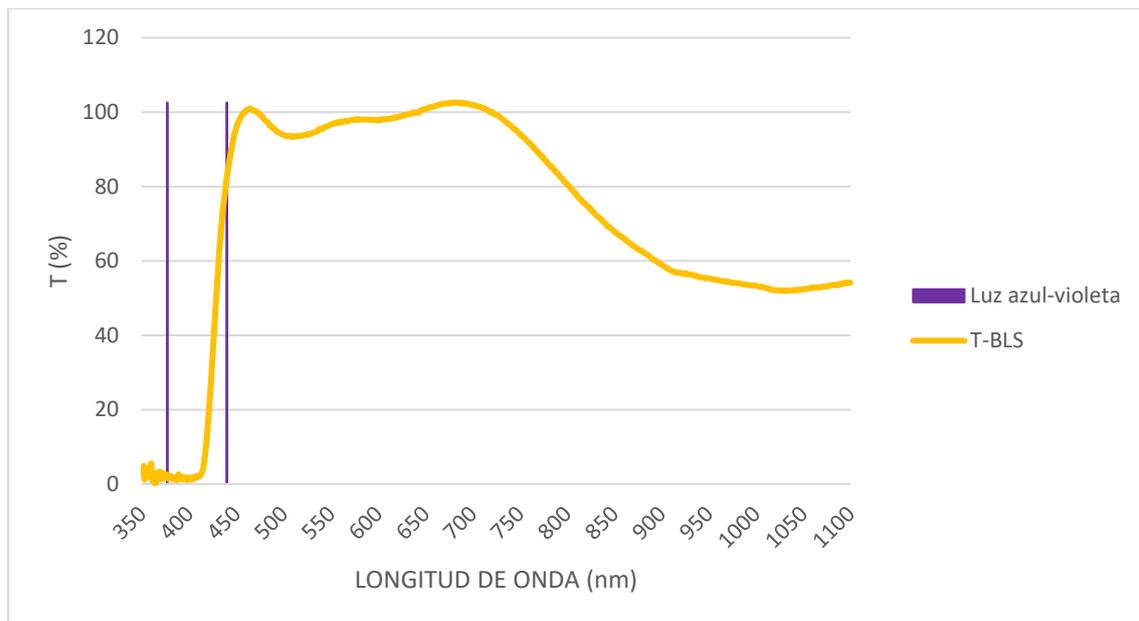


Figura 8. Transmitancia de la lente de luz azul “Energy Blue IR”

Los resultados para la lente “Energy Blue IR” de INDO se muestran en la Figura 8. Se observa que bloquea toda la radiación UV hasta los 400 nm aumentando muy rápidamente los valores de la transmitancia, llegando a ser máximo a los 450 nm dejando pasar el 100% de la luz que llega al ojo y siendo estable este comportamiento en esos valores hasta pasar los 700 nm, con una ligera caída (93%) en torno a los 500 nm.

Una vez terminado el rango visible, los valores de transmitancia decrecen hasta obtener unos valores del 50% a los 1000 nm, que se mantienen hasta el final del espectro medido.

4. DISCUSIÓN

A lo largo de este trabajo se ha hablado de la luz azul, la cual es emitida por dispositivos electrónicos e iluminación artificial, que se encuentra en un intervalo de 400 nm y 495 nm, teniendo la mayoría de pantallas una emisión con un pico en torno a 450 nm, que ninguna lente de las estudiadas filtra en un porcentaje mayor del 20%. Para centrar mejor los resultados discutidos en esta sección, se resumen las transmitancias espectrales de todas las lentes estudiadas en la Figura 9. Además, se han sombreado las dos zonas de la luz azul que mencionan muchos fabricantes, diferenciando dentro de la luz azul-violeta (380-450 nm) una parte que consideran más dañina entre 415-435 nm y otra más beneficiosa como la luz azul-turquesa (455-495 nm).

Los resultados de los experimentos realizados muestran que los filtros analizados presentan valores crecientes de su transmitancia desde 350 nm, pero a los 450 nm (pico de emisión de la luz azul) es muy elevada, pasando del 60 % en todos los casos. Estas lentes dejan pasar más de la mitad de luz azul, siendo perjudicial para el sistema visual. Las lentes “Blue Zero”, “Quarz Blue” y “Energy Blue IR” registran valores relativamente máximos de transmisión para esta longitud de onda.

En cambio, a la luz azul-turquesa se le atribuyen muchos aspectos positivos y beneficiosos, por lo que bloquear la transmisión de una gran cantidad de este tipo de luz podría hacer el efecto contrario y producir consecuencias negativas, como podría ser en el caso de la lente “Quarz Blue” que para los valores de longitudes de onda correspondientes a este tipo de luz presenta una transmitancia más baja que el resto de lentes, aunque sin privar al usuario por completo de este rango de longitud de onda beneficioso para el sistema visual. Lo que se ha demostrado es que las lentes analizadas en este trabajo protegen parcial o totalmente ante la radiación UV. Sin embargo, se han obtenido resultados más indeterminados en lo que respecta a la protección ante luz azul. Todas las lentes bloquean algo de la luz azul de la zona baja del espectro (azul-violeta), pero este porcentaje oscila entre un 15% y un 85%. En lo que respecta a la zona atribuida a la luz azul turquesa, cercana ya a los 500 nm, los valores de transmitancia son muy elevados, reduciendo escasamente los niveles de esta radiación que consiguen llegar al sistema ocular, siendo beneficioso para la visión.

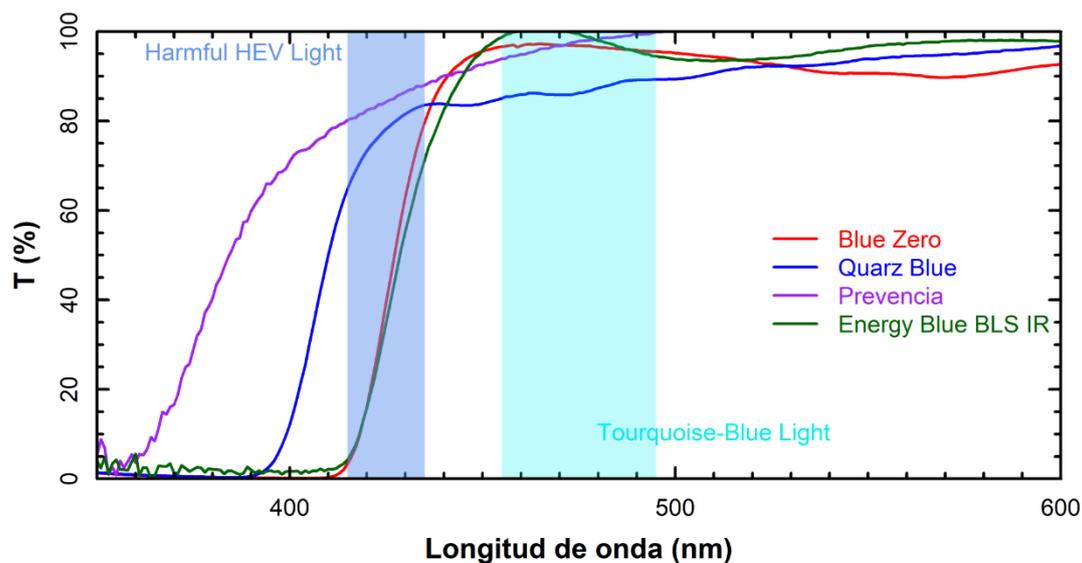


Figura 9. Transmitancia espectral de las diferentes lentes oftálmicas

Uno de los ejemplos es la “Crizal Prevenca”, en donde, según el catálogo de su fabricante (Essilor) [21], indica que bloquea el 20% de la luz azul-violeta nociva, reduciendo en un 25% el índice de muerte celular de la retina, dando unos valores de transmitancia según los experimentos realizados en este trabajo del 20% para 380 nm y del 75% para 450 nm, por lo que está acorde con las especificaciones del fabricante, aunque bajo nuestro criterio está algo elevado para las longitudes de onda de 450 nm (luz azul-violeta).

Las especificaciones del fabricante (Shamir) sobre la lente “Blue Zero” [22] informan en su catálogo que este tipo de tratamiento para la lente bloquea efectivamente la luz azul y la luz ultravioleta, mientras mantiene la claridad de la lente. Como afirma el fabricante bloquean la cantidad justa de luz azul para mantener los ojos sanos. También afirman que bloquean el 98% de la luz azul en el rango de entre 415 nm y los 435 nm [23], pero como se ha podido comprobar en las medidas realizadas, si bloquea el 98% para una longitud de onda de 415 nm, pero para 435 nm donde la lente tiene una transmitancia cercana al 90%. Con lo que la información mencionada por el fabricante es cierta, pero solo para las longitudes más cortas.

Al observar las Figuras 5 y 9, se observa que para el intervalo de luz azul turquesa (455-495 nm) existe una transmitancia superior al 90% permitiendo que el usuario de la lente se beneficie de la luz azul-turquesa que ha mostrado bajo la evidencia científica ser positiva para el sistema visual [3-12].

Otra de las lentes que se ha analizado es la “Quarz Blue” del fabricante Prats [24], que en su catálogo de 2023 informa que consiguen la máxima protección frente a la luz azul eliminando los efectos nocivos sin hacerlo en los efectos beneficiosos, respetando los ritmos circadianos.

En la Figura 9, se observa que, es la lente que más bloquea en el intervalo de luz azul-turquesa con valores de transmitancia en torno al 85%, valores que solo

reduce hasta un 65-80% en la zona de luz azul-violeta comprendida entre 415 y 435 nm. Este fabricante informa de que respeta los efectos beneficiosos pero al tener una transmitancia del 85% priva al usuario de una pequeña cantidad de luz azul-turquesa. Siendo la más baja de todas, es la que más priva a los usuarios de los efectos beneficiosos de la luz azul-turquesa, exponiéndolos además a mayor cantidad de luz azul-violeta que con otras lentes, ya que se observa que deja pasar más del 60% de la luz azul-violeta, por lo tanto no es del todo cierto lo que el fabricante informa sobre la lente.

La última de las lentes es la "Energy Blue IR" de INDO [25], que en su último catálogo informa de que protegen frente a la luz infrarroja, la luz ultravioleta y la luz azul, con el objetivo de prevenir el insomnio por exceso del uso de los dispositivos electrónicos. También prolonga una visión sana y nítida previniendo el envejecimiento de la piel del contorno de los ojos, aunque éste no es el propósito de este trabajo.

Al observar las Figuras 8 y 9 se observa que frente a la luz azul-violeta no es muy efectiva al tener una transmitancia que inicia su crecimiento a los 400 nm llegando a valores cercanos al 100% a los 450 nm (pico de emisión de luz azul), y oscilando entre 90% y 100% de transmitancia a medida que aumentan la longitud de onda. Sin embargo, si es algo más útil frente a la luz infrarroja al tener una transmitancia del 50% para los 1000 nm.

Se ha llegado a demostrar que la luz azul-violeta hace que se produzca menos melatonina, pudiendo afectar de una forma negativa al sueño, aunque esto sigue siendo ambiguo [26]. Con relación a esto se ha realizado un estudio en adultos sanos comprobando si las gafas con bloqueo de la luz azul (BLB) mejoraban el sueño [27]. El resultado de este estudio es que las gafas BLB no mejoraron el sueño de estos adultos. Además, el uso de estas lentes con filtro de luz azul se está empezando a comercializar con el fin de prevenir o ralentizar la aparición de enfermedades como degeneración macular asociada a la edad, pero hasta la fecha, faltan evidencias basadas en estudios clínicos para afirmar o apoyar esta idea [28].

De hecho, existen estudios que concluyen que hay falta de evidencia para decir que el uso de las lentes con el filtro azul ayuda a mejorar la fatiga visual, la calidad del sueño o prevenir enfermedades maculares, y ven más beneficioso la creación de unas normas de higiene visual y ergonomía para ver la pantalla como tratamiento efectivo [29-30].

Según una revisión bibliográfica [31], donde se analizaron 17 ensayos clínicos realizados en 6 países, con entre 5 y 156 participantes por ensayo, llegaron a la conclusión de que no hay evidencias significativas, ni estudios robustos que apoyen la idea de que usando gafas con filtro de luz azul frente a lentes sin el filtro vayan a tener beneficios en cuanto a cansancio ocular o fatiga visual a corto plazo.

5. CONCLUSIÓN

Las lentes oftálmicas con el filtro azul solo son capaces de bloquear una parte de la luz azul emitida por los dispositivos electrónicos y luces artificiales. Los filtros aplicados se centran más en la radiación comprendida entre los 415 y 435 nm (que es la considerada nociva o poco útil para el sistema visual), bloqueando menos luz azul-turquesa, debido a los altos beneficios que presenta este intervalo espectral.

Los fabricantes de las lentes indican en sus catálogos, que los filtros de luz azul previenen patologías de córnea y retina al no dejar pasar este tipo de luz proveniente de luces artificiales, especialmente de dispositivos electrónicos. Además de ayudar al descanso visual, dolor de cabeza y cansancio ocular sin aportar evidencia científica que lo respalde.

La fracción bloqueada de radiación azul es quizás insuficiente si el fin de proporcionar y recomendar estos filtros de luz azul es como protección. Sería recomendable aumentar el grado de bloqueo ante la luz azul-violeta, que según las indicaciones de los catálogos es perjudicial para el sistema visual.

Si por el contrario, lo que se busca con lentes que incorporan protección a la luz azul es disminuir los síntomas de fatiga visual y cansancio ocular que podrían producir las pantallas y dispositivos electrónicos tras excesivas horas de uso, son efectivas según estudios realizados en personas reales, aunque los filtros estudiados en este trabajo pueden no resultar los más idóneos, dependiendo del tipo de pantalla que se considere.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. Porter D. Digital devices and your eyes. American Academy of Ophthalmology. 2022. Disponible en: <https://www.aao.org/eye-health/tips-prevention/digital-device-your-eyes>
2. Tosini G, Ferguson I, Tsubota K. Effects of blue light on the circadian system and eye physiology. *Mol Vis.* 2016;22:61-72. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26900325/>
3. La luz azul: lo bueno y lo malo. Zeiss.co. Disponible en: <https://www.zeiss.co/vision-care/mejor-vision/como-comprender-la.vision/la-luz-azul-lo-bueno-y-lo-malo.html>
4. Torii H, Ohnuma K, Kurihara T, Tsubota K, Negishi K. Violet Light Transmission is Related to Myopia Progression in Adult High Myopia. *Sci Rep.* 2017;7:14523. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29109514/>
5. Guo Y, Liu L, Xu L, Lü Y, Tang P, Feng Y. Outdoor activity and myopia among 681 primary students in urban and rural regions of Beijing. *Ophthalmology.* 2014;94:277-83. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23098368/>
6. Marín P. Luz azul y ritmos circadianos: una relación difícil pero necesaria. *Iluminet revista de iluminación.* 2020. Disponible en: <https://iluminet.com/luz-azul-ritmos-circadianos-relacion-dificil-necesaria/>
7. Wahl S, Engelhardt M, Schaupp P, Lappe C, Ivanov IV. The inner clock-Blue light sets the human rhythm. *J Biophotonics.* 2019: 201900102. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31433569/>
8. Esaki Y, Kitajima T, Ito Y, Koike S, Nakao Y, Tsuchiya A, Hirose M, Iwata N. Wearing blue light-blocking glasses in the evening advances circadian rhythms in the patients with delayed sleep phase disorder: An open-label trial. *Chronobiol Int.* 2016;33:1037-44. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27322730/>
9. Fernández Irigaray L, Balsa A, Armesto A, Magnetto I, Szeps A, Iribarren LR, Iribarren R, Grzybowski A. Outdoor exposure in children from Buenos Aires Province, Argentina. *Arch Soc Esp Oftalmol (Engl Ed).* 2022;97:396-401. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35779896/>
10. He M, Xiang F, Zeng Y, Mai J, Chen Q, Zhang J, Smith W, Rose K, Morgan IG. Effect of Time Spent Outdoors at School on the Development of Myopia Among Children in China: A Randomized Clinical Trial. *JAMA.* 2015;314:1142. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26372583/>
11. C. Sherwin J, MBBS, Phil M, Dr H. Reacher M, H. Keogh R, P. Khawaja A, Dr. A. Mackey D, Dr. J. Foster P. The Association between time spent outdoors and myopia in children and adolescents. A systematic review and meta-analysis. 2012;119:2141-51. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22809757/>
12. Wu PC, Chen CT, Lin KK, Sun CC, Kuo CN, Huang HM, Poon YC, Yang ML, Chen CY, Huang JC, Wu PC, Yang IH, Yu HJ, Fang PC, Tsai CL, Chiou ST, Yang YH. Myopia Prevention and Outdoor Light Intensity in a School-Based Cluster Randomized Trial. *Ophthalmology.* 2018;125:1239-1250. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29371008/>
13. Izadi M, Jonaidi-Jafari N, Pourazizi M, Alemzadeh-Ansari MH, Hoseinpoufard MJ. Photokeratitis induced by ultraviolet radiation in travelers: A major health problem. *J Postgrad Med.* 2018;64:40-46. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29067921/>

14. Wu J, Seregard S, Algvere PV. Photochemical damage of the retina. *Surv Ophthalmol.* 2006;51:461-81. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16950247/>
15. Meyers SM, Ostrovsky MA, Bonner RF. A model of spectral filtering to reduce photochemical damage in age-related macular degeneration. *Trans Am Ophthalmol Soc.* 2004;102:83-93. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15747748/>
16. Comparativa: Diferencias entre OLED y AMOLED - ¿Cuál es la mejor opción para tus luces LED? Apodomania. Gaston Medina; 2023. Disponible en: <https://caprishop.com.es/diferencias-entre-oled-y-amoled/>
17. Renard G, Leid J. Les dangers de la lumière bleue : la vérité ! [The dangers of blue light: True story!]. *J Fr Ophtalmol.* 2016;39:483-8. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0181551216300018>
18. Hipólito V, Coelho JMP. Blue light and eye damage: A review on the impact of digital device emissions. *Photonics.* 2023 10,no. 5:560. <https://www.mdpi.com/2304-6732/10/5/560>
19. Wesley A. Iberoamericana, Madrid (2000). Hetch Eugene. Materia óptica 535 (Página 722)
20. 1800_manual_8210-0030.Pdf. Boxenterprise.net. 2023. Disponible en: <https://licor.app.boxenterprise.net/s/k8mr6zd0h6bjndwmqn6h>
21. Essilor.com.2023. Disponible en: <https://www.essilor.com/es-es/productos/blue-uv-filter-system/>
22. Shamir.com.2023. Disponible en: https://shamir.com/us/lenses_and_more/shamir-blue-zero/
23. Sources BLE. Lens-embedded blue light protection. Shamir.com.2023. Disponible en: <https://shamir.com/wp-content/uploads/2021/02/blueZero090320.pdf>
24. Prats.com.2023. Disponible en: <https://www.grupoprats.com/#soluciones-luz-azul>
25. INDO.com.2023. Disponible en: <https://www.indo.es/es/optics/infrared>
26. ¿Por qué la luz azul te impide conciliar el sueño? Primera parte. *Iluminet revista de iluminación* 2015. Disponible en: <https://iluminet.com/bhp-luz-azul-sueno-lighting-science-group/>
27. Bigalke JA, Greenlund IM, Nicevski JR, Carter JR. Effect of evening blue light blocking glasses on subjective and objective sleep in healthy adults: A randomized control trial. *Sleep Health.* 2021;7:485-490. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33707105/>
28. Vagge A, Ferro Desideri L, Del Noce C, Di Mola I, Sindaco D, Traverso CE. Blue light filtering ophthalmic lenses: A systematic review. *Semin Ophthalmol.* 2021;36:541-548. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33734926/>
29. Lawrenson JG, Hull CC, Downie LE. The effect of blue-light blocking spectacle lenses on visual performance, macular health and the sleep-wake cycle: a systematic review of the literature. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2017;37:644-654. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29044670/>
30. Rosenfield M, Li RT, Kirsch NT. A double-blind test of blue-blocking filters on symptoms of digital eye strain. *Work.* 2020;65:343-348. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32007978/>
31. Singh S, Keller PR, Busija L, McMillan P, Makrai E, Lawrenson JG, C Hull C, E Downie L. Blue-light filtering spectacle lenses for visual performance, sleep, and macular health in adults. *Cochrane Library.* 2023. Disponible en: <https://www.cochranelibrary.com/es/cdsr/doi/10.1002/14651858.CD013244.pub2/full/es>