



Universidad de Valladolid

FACULTAD DE CIENCIAS

Grado en Óptica y Optometría
MEMORIA TRABAJO FIN DE GRADO TITULADO

**Tratamientos en lentes oftálmicas
para bloquear la luz azul,
ultravioleta e infrarroja.**

Presentado por: Lucía García Frontaura

Tutelado por: David Mateos Villán

Daniel González Fernández

Tipo de TFG: Investigación

En Valladolid a 23 de mayo de 2023

Agradecimientos

A mis tutores por la ayuda prestada y conocimientos transmitidos durante la realización de este trabajo fin de grado.

A Todo Óptica por el material facilitado para la realización de este estudio: tanto por las lentes, como por los catálogos comerciales de las empresas fabricantes.

ÍNDICE

RESUMEN.....	4
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	5
1.1 ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO	5
1.1.1 LUZ AZUL	5
1.1.2 LUZ UV.....	6
1.1.3 LUZ INFRARROJA.....	7
1.2 TRANSMITANCIA.....	8
1.3 OBJETIVOS.....	8
CAPÍTULO 2. TOMA DE MEDIDAS.....	8
2.1 INSTRUMENTOS	8
2.1.1 LI-COR 1800	8
2.1.2 LÁMPARA FEL	9
2.1.3 LENTES	9
2.2 MONTAJE	10
2.3 METODOLOGÍA.....	10
CAPÍTULO 3. RESULTADOS.....	11
CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN.....	15
4.1 ESSILOR.....	15
4.2 INDO	19
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES	22
CAPÍTULO 6. BIBLIOGRAFÍA.....	23

RESUMEN.

En este trabajo de fin de grado se ha estudiado la transmitancia de diversas lentes con distintos filtros frente a la radiación azul, ultravioleta e infrarroja. Para ello se ha empleado el espectrorradiómetro LICOR-1800. Este estudio se ha llevado a cabo con la finalidad de comprobar si la información que aportan algunas empresas fabricantes de lentes sobre sus filtros es veraz. A lo largo de este trabajo se muestran las gráficas que representan la transmitancia de las distintas lentes con filtro analizadas para diferentes longitudes de onda. Estas gráficas se han obtenido a partir de los datos que se han tomado previamente en el laboratorio. De forma general, se ha observado que estos tratamientos bloquean la totalidad de la radiación por debajo de 400 nm (en función del tratamiento este bloqueo abarca más o menos λ); y que los valores de transmitancia aumentan hasta casi el 100% para 450nm. También se incluye un resumen de la información aportada por estas empresas, y una comparación de esta información con la obtenida a partir del de los datos tomados en el laboratorio.

ABSTRACT

We studied the spectral transmittance of some lenses with different filters against blue radiation, ultraviolet radiation, and near longwave radiation. For this purpose, we used the spectroradiometer LICOR-1800 in an optical lab. We carried out this study to verify if the information provided by lens manufacturers about their filters is accurate or not. We included graphs that represent the spectral transmittance of different filters applied to lenses. We obtained these graphs from the data experimentally taken in the laboratory. In general, analysed filters mostly block the radiation under 400 nm, and their transmittance increase until almost the 100% for 450 nm. This study also includes a discussion about the commercial information provided by these companies, and a comparison of this information with the experimental data measured in the laboratory, showing similarities but some discrepancies too.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

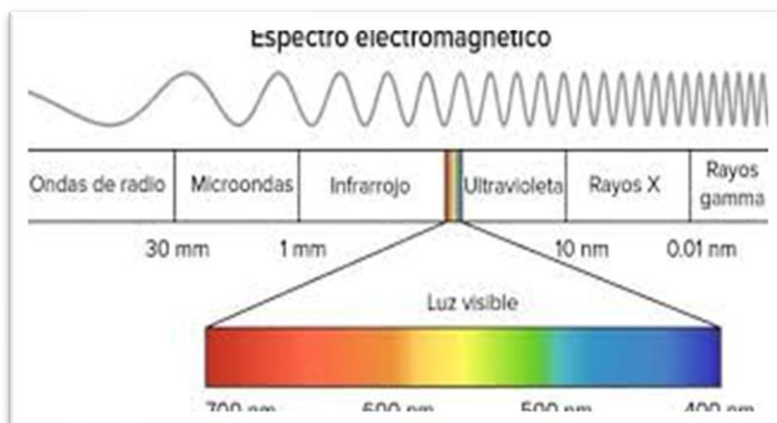


Figura 1. Espectro electromagnético. Imagen extraída de: <https://www.fotonostra.com/glosario/longitudonda.htm>

El espectro electromagnético es el conjunto de radiaciones electromagnéticas que se propagan a través del espacio en forma de ondas (ver Figura 1). También puede definirse como la distribución del conjunto de ondas electromagnéticas en función de su energía. Una longitud de onda (λ) concreta tiene una frecuencia (f) asociada y una energía por fotón (E), lo cual implica que podemos expresar el espectro en cualquiera de estos términos; en este TFG usaremos el concepto λ . Este espectro abarca desde rayos gamma (de muy baja λ) hasta las ondas de radio (de λ alta) [1]. En este TFG nos vamos a centrar en la radiación ultravioleta (λ de 100 a 400 nm), el espectro visible (λ de 400 nm a 780nm) y la radiación infrarroja (λ de 700 a 10^6 nm).

1.1.1 LUZ AZUL.

La luz azul es una onda electromagnética incluida en el espectro visible que tiene una longitud de onda corta (entre 400 y 495 nm), por lo que transmite mucha energía por fotón, lo cual es potencialmente dañino para el ojo.[2]

Este tipo de luz proviene del sol, o de fuentes artificiales como luz LED (light-emitting diode), bombillas o fluorescentes. La cantidad de luz azul que emiten estas última está limitada por acuerdos internacionales [3]. En la actualidad, con el auge de los móviles, tablets y ordenadores nuestros ojos están sometidos a una cantidad aún mayor de esta radiación. [2]

Las lentes con filtro para luz azul deben bloquear de forma apropiada esta radiación, de manera que reduzcan el daño causado por esta, pero sin comprometer las funciones visuales esenciales asociadas a ella. Una cantidad excesiva de esta radiación es, en teoría, dañina para el ojo, pero una cantidad normal es necesaria para una función visual adecuada. Por ejemplo, la luz azul juega un papel vital en la discriminación de colores y en la visión nocturna, ya que los conos-S y los bastones respectivamente son las responsables de estas

funciones visuales y alcanzan su máximo umbral de sensibilidad bajo luz de λ comprendida en este rango. Además, la exposición durante el día a la luz azul regula el ritmo circadiano puesto que estimula al cerebro a permanecer despierto, gracias a que inhibe la secreción de melatonina. [2]

Es importante diferenciar entre la luz azul-violeta y la luz azul-turquesa. La luz azul-violeta se corresponde con la radiación de λ entre 400 y 450 nm; es decir, λ cortas, por lo que es una radiación más energética [4], y en consecuencia más dañina. Por otra parte, la luz azul-turquesa es la radiación de λ comprendida entre 450 y 495 nm, y no es dañina para el ojo ni para el organismo, sino que es incluso beneficiosa y necesaria [4,5].

El peligro de esta radiación reside en que el ojo humano no está diseñado para bloquearla (mientras que la UV sí), por lo que prácticamente toda la luz azul que incide en el ojo llega a la retina⁴. Una exposición prolongada a la luz azul puede producir daño fotoquímico en la retina, lo cual a la larga puede estar relacionado con DMAE, que consiste en un daño progresivo en la mácula, que puede derivar en una pérdida permanente de visión [3-5]. Por otra parte, el excesivo uso de las pantallas actual puede producir fatiga visual digital o síndrome visual informático (SVI) debido a que al ser esta luz azul de alta energía y de longitud de onda corta se dispersa más en el ojo, lo que obliga a realizar más esfuerzo para enfocarla en la retina [4]; esto se manifiesta como ojos rojos, secos, dolor de cabeza, etc. [5]

1.1.2 LUZ UV

La luz UV es una radiación de longitud de onda entre 100 y 400 nm, lo cual la sitúa incluso por debajo del espectro visible, dicha radiación puede provocar daños en el ser humano, incluyendo sus ojos [6].

En la superficie ocular; es decir, en la córnea y en la conjuntiva, la luz UV puede provocar fotoqueratitis y/o fotoconjuntivitis [6]. Los síntomas y signos aparecen tras un periodo de latencia que será mayor o menor en función de la intensidad de la radiación; y desaparecen tras 24 o 48 horas. Estos síntomas son lagrimeo, blefaroespasmo, sensación de cuerpo extraño, fotofobia y dolor. Por otra parte, los signos más frecuentes son queratitis punteada superficial, hiperemia y edema conjuntival. No suele dejar secuelas.[7]

Por otra parte, si la exposición a luz UV no es puntual, sino que ocurre de forma prolongada, puede incluso causar otras alteraciones como pinguécula (ver Figura 2), pterigium (ver Figura 3), carcinoma escamoso y melanoma conjuntival. Estos dos últimos son tumores malignos; es decir, que pueden hacer metástasis al resto del ojo o del cuerpo, acarreando problema más grave [6].

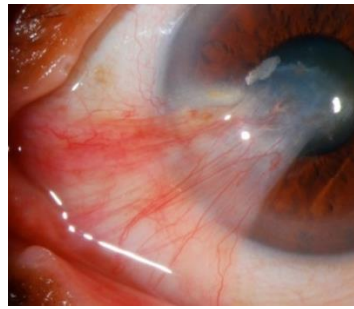
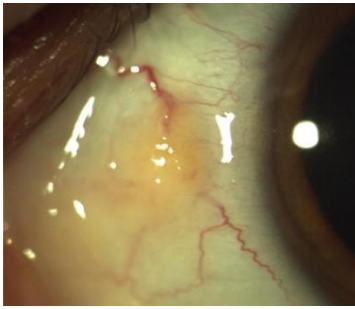


Figura 2. Pinguécula.
Foto extraída de la página:
<https://es.wikipedia.org/wiki/Pingu%C3%A9cula>

Figura 3. Pterigium.
Foto extraída de la página:
<https://www.quironsalud.es/blogs/es/abrir-cerrar-ojos/pinguecula-pterigium-manifiestan-tratamos>

En el interior del ojo puede producir cataratas, melanoma uveal (tumor maligno) y síndrome pseudoexfoliativo, que a su vez puede provocar glaucoma [6].

La córnea y el cristalino, en condiciones normales, filtran suficiente luz UV como para que llegue muy poca a retina, y la que llega no sea significativamente dañina. Mientras en ojos afáquicos, en midriasis o con coloboma la intensidad de luz UV presente de forma habitual en la luz solar podría causar daños en la retina, en ojos sanos es necesaria una mayor intensidad de esta radiación para que la retina se vea afectada [7].

En el cristalino hay pigmentos que filtran la radiación perjudicial incidente protegiendo de este modo a la retina. Con el paso de los años se produce una disminución fisiológica de la concentración de antioxidantes, lo cual provoca un aumento de la desnaturalización de las proteínas del cristalino, y en consecuencia la esclerosis de su núcleo, lo cual se traduce en un incremento en su pigmentación, y debido a ello se produce un cambio en su absorción y emisión características. Dicho de otro modo, el cristalino, para compensar esta disminución de antioxidantes asociada a la edad, se opacifica, consiguiendo filtrar en mayor medida las radiaciones perjudiciales y en consecuencia protegiendo aún más a la retina, pero a costa del empeoramiento de la calidad visual que acarrea. La exposición prolongada a la luz UV puede acelerar la formación de cataratas, haciendo que estas se presenten precozmente. [7].

La radiación UV también aporta beneficios al ser humano. Por ejemplo, ayuda a la síntesis cutánea de vitamina D. Hay muy pocos alimentos que son fuentes de vitamina D (pescados grasos, aceite de pescado, y algunos hongos). Esta vitamina está relacionada con la salud de los músculos y del esqueleto [6].

Además, la radiación UV induce inmunosupresión, lo cual puede ser beneficioso ya que reduce el riesgo de desórdenes que consisten en una actuación excesiva del sistema inmune, bien sea a nivel local (como soriasis y dermatitis atópica) o a nivel sistémico (como esclerosis múltiple o alergias) [6].

1.1.3 LUZ INFRARROJA

Radiación de longitud de onda superior al espectro visible, concretamente de λ superior a 750 nm. Esta radiación es emitida por cualquier cuerpo que tenga una temperatura superior a 0 Kelvin (-273.5°) [8]. Puede provocar quemaduras o sobrecalentamiento de los tejidos externos del ojo; por ello, puede usarse para fotoablacionar la córnea. Los rayos infrarrojos son

capaces de penetrar más en los tejidos debido a que su acción calorífica es capaz de agotar los mecanismos de defensa antioxidantes de las células. La acción de la radiación infrarroja potencia los efectos nocivos de la radiación ultravioleta, sobre todo el fotoenvejecimiento. En definitiva, puede ocasionar cataratas y ojos seco entre otras cosas [9].

1.2 TRANSMITANCIA

Dado que en este estudio vamos a trabajar con el concepto de transmitancia, es oportuno definirla previamente. Cuando un haz de luz incide en una lente, parte es reflejada, parte es absorbida y el resto es transmitida por la lente. Se define la transmitancia espectral (T_λ) como el cociente del flujo radiante espectral transmitido (I_t) por el material entre el flujo radiante espectral incidente (I_o) a una longitud de onda específica para un ángulo de incidencia normal (ecuación 1). Dicho de otro modo, es el flujo radiante que transmite un material según la longitud de onda de la radiación incidente [10].

$$T_\lambda (\%) = 100 \frac{I_t}{I_o} \quad (1)$$

Por tanto, se puede calcular la transmitancia para cada longitud de onda, así como para distintos intervalos espectrales.

1.3 OBJETIVOS

El objetivo general de este estudio es medir la transmitancia espectral de distintas lentes que presentan distintos tratamientos y filtros, incluyendo el filtro de luz azul, ultravioleta e infrarroja. De este modo se pretende comprobar la efectividad de estos filtros en lentes oftálmicas.

CAPÍTULO 2. TOMA DE MEDIDAS

2.1 INSTRUMENTOS

2.1.1 LI-COR 1800

Como ya hemos visto en el apartado anterior (en la ecuación 1), para calcular la transmitancia de una lente, necesitamos conocer la intensidad de la radiación que incide en ella y la intensidad de la radiación que consigue atravesarla. Para medir estos parámetros necesitaremos un espectrorradiómetro.

En este caso, se ha utilizado el LI-COR 1800, un espectrorradiómetro que cuenta con un rango de medida que va desde los 300 nm hasta los 1100 nm en pasos de 1 nm. Este instrumento consta de una red de difracción que trabaja por reflexión (ver Figura 4).

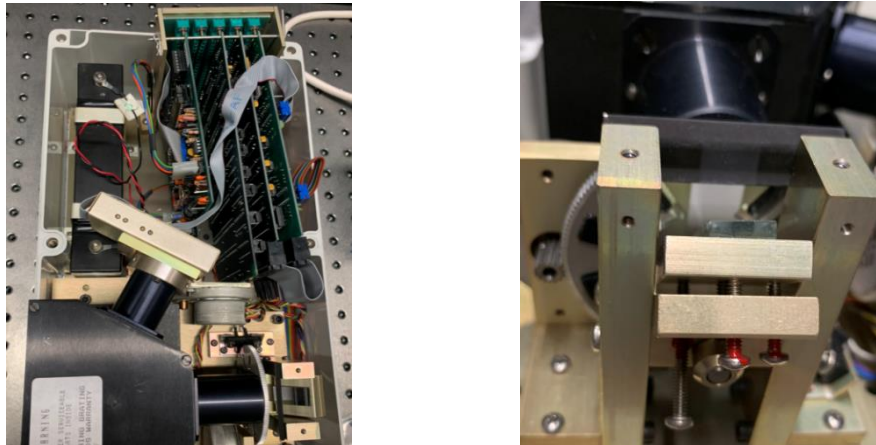


Figura 4. Fotografías del espectrorradiómetro LI-COR 1800

2.1.2 LÁMPARA FEL

La radiación empleada para estudiar la transmitancia de las lentes en este estudio proviene de una lámpara FEL de 1000 W (ver Figura 5). Esta lámpara emite luz desde el rango del ultravioleta hasta el infrarrojo. Debemos tener cuidado al usar esta lámpara, ya que emite radiación ultravioleta en cantidades superiores a las que está sometido el ojo normalmente. Por ello, para trabajar con esta lámpara tuvimos que proteger nuestros ojos con gafas especiales equipadas con un filtro para la luz UV. Esta lámpara está constituida por un filamento de Wolframio situado dentro de un vidrio de cuarzo, el cual es un material que no absorbe la radiación UV, y de esta forma permite que esta entre en el estudio.

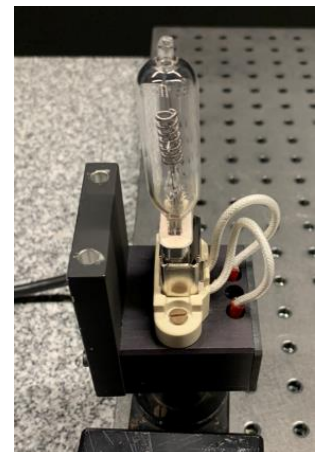


Figura 5. Lámpara FEL

2.1.3 LENTES

En este trabajo se ha estudiado la efectividad del filtro de luz azul, filtro de luz ultravioleta y filtro de luz infrarroja de diversas lentes blancas. Se han empleado lentes orgánicas, por ser las más frecuentes, y potencia neutra, para así evitar que la potencia interfiera en la transmitancia de la lente.

En concreto, hemos estudiado estas lentes con filtro para la luz azul:

- FSV ORMA BLUEUV CAPTURE CRIZAL EASY PRO E-SPF 35 (Essilor)
- FSV SPH ORMA THIN CRIZAL PREVENCIA (Essilor)
- ORMA EPS EYE PROTECT SYSTEM CRIZAL PREVENCIA+ (Essilor)
- eENERGY CLEAR (Indo)
- eENERGY BLUE = Indofin 1.6 ES eENERGY Blue IR (Indo)
- Indofin 1.6 ES BLS eENERGY Blue IR (Indo)
- INDORGANIC 1.6 BLS Nat-10 (Indo)
- Blue Limit System (Indo)

2.2 MONTAJE

Para tomar las medidas debemos disponer los materiales en el orden preciso. En un extremo del banco de trabajo colocaremos la lámpara FEL, y en el otro extremo, a una distancia de 60 centímetros (distancia de trabajo), colocaremos el LI-COR 1800. Entre medias, prácticamente pegado al detector, interpondremos un soporte para lentes que nos servirá para sostener estas en la posición requerida. Este montaje se muestra en la Figura 6.

Todos estos elementos deben estar alineados, compartiendo eje óptico, para producir una incidencia normal desde la fuente de la luz al detector pasando por la lente a estudio, y conseguir una intensidad de radiación incidente (I) suficiente para obtener unos resultados fiables en la parte más baja del espectro, donde se dispondrá de menos señal.



Figura 6. Montaje.

2.3 METODOLOGÍA

Una vez realizado el montaje, debemos medir el offset, es decir, la intensidad de la radiación que llega al detector cuando no está encendida la lámpara FEL (ni cualquier otra luz). Dicho de otra forma, el offset es la intensidad de la radiación que detecta el detector cuando no hay radiación. Podría considerarse el error del detector, por lo que lo medimos para tenerlo en cuenta. En este estudio se ha obtenido el offset mostrado en la Figura 7. Debido al bajo valor de esta señal (± 6 cuentas digitales) en comparación con la intensidad de la radiación de la lámpara y debido a que no presenta ninguna dependencia espectral, no ha sido necesario corregir todas las medidas con este valor.

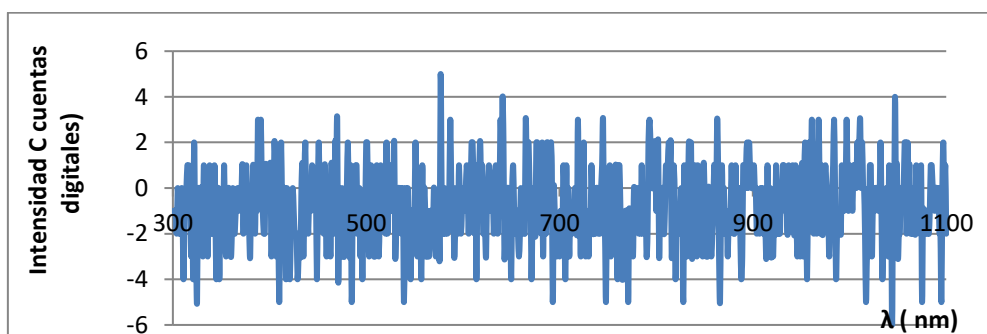


Figura 7.
Offset

Tras tomar el OFFSET encendemos la lámpara FEL y esperamos unos minutos antes de tomar las medidas para que se estabilice. Tomamos una medida de referencia antes de cada lente; es decir, medimos la totalidad de la intensidad de la radiación emitida por la lámpara FEL sin interponer ninguna lente que bloquee una u otra parte del espectro. A continuación, medimos la intensidad de la radiación que atraviesa una lente concreta para cada λ en un rango comprendido entre 300 y 1100 nm. De este modo vamos intercalando una medida de referencia con una medida con lente, y luego las compararemos para poder apreciar qué radiación y en qué cantidad bloquea la lente; o lo que es lo mismo, calcularemos la transmitancia de la lente. Aunque en principio la

intensidad emitida por la fuente no debería variar, es interesante tomar una medida de referencia antes de cada lente para obtener resultados más fiables, ya que a medida que la lámpara FEL se va calentando la intensidad de radiación emitida puede variar ligeramente. En sucesivas medidas pudimos comprobar que la radiación era bastante estable, aun así, para calcular la transmitancia comparamos cada lente con su propia medida de referencia.

Para tomar las medidas emplearemos el programa WIN 1800, el cual se puede instalar en el ordenador y está conectado al LI-COR 1800. Este programa no solo recoge (y muestra) los datos tomados por el detector, sino que también nos permite controlarlo. En el WIN 1800 podemos introducir el rango de λ que queremos que mida el detector y el rango de medida; en este caso elegimos que trabaje entre 300 y 1100 nm en pasos de 1nm.

A partir de estos datos tomados, y ayudándonos del programa Excel, calculamos la transmitancia de las distintas lentes. En primer lugar, debemos hacer la media de las tres medidas que hemos realizado de la intensidad transmitida por cada lente para cada λ ; para ello nos será de gran ayuda emplear la fórmula “promedio” de Excel. Después, introduciremos manualmente la ecuación (1) donde I_t es la intensidad transmitida por la lente, es decir, esta media que hemos calculado, e I_0 es la intensidad de radiación emitida por la lámpara FEL sin lente que bloquee una parte, o lo que es lo mismo, la “referencia” que medimos.

El siguiente paso es representar para cada una de las lentes este valor de transmitancia para cada longitud de onda preferiblemente en un gráfico de dispersión con líneas suavizadas. El propio Excel nos permite esta opción y nos recomienda usar gráficos de dispersión cuando queremos comparar pares de valores y cuando tengamos medidas separadas; dentro de este tipo de gráfico, nos recomienda usar el de líneas suavizadas cuando haya muchos puntos de datos en el orden X y los datos represente una función.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS.

A partir de los datos medidos se obtuvieron las siguientes gráficas; en ellas se representa la transmitancia de cada lente para las distintas longitudes de onda.

Al inicio de todas las gráficas podemos ver “ruido”. El detector LI-COR 1800 empieza a medir en 300 nm, por lo que la medida de la intensidad de estas primeras λ no es muy precisa; el valor que obtuvimos para este tramo es realmente bajo. Al calcular la transmitancia con estos valores y representarla obtenemos un patrón repetitivo que no es fiable, por lo que debemos ignorar esta franja espectral de nuestros resultados.

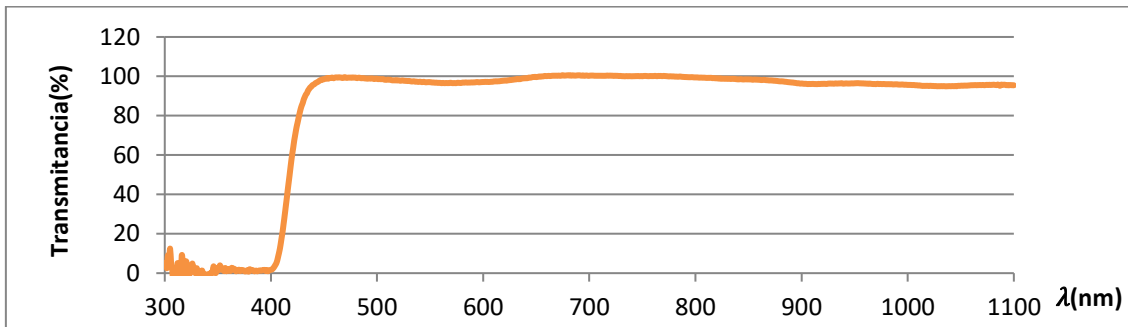


Figura 8. TRANSMITANCIA FSV ORMA BLUEUV CAPTURE CRIZAL EASY PRO E-SPF 35

Si analizamos los datos obtenidos para la lente FSV ORMA BLUEUV CAPTURE CRIZAL EASY PRO E-SPF 35 representados en la Figura 8 podemos ver que bloquea completamente la radiación ultravioleta, ya que su transmitancia para el rango de λ menor a 400 nm es 0 %. La transmitancia de la lente aumenta rápidamente al iniciar el rango de luz azul alcanzando el 100% para una λ de 450 nm aproximadamente. Dicho de otra forma, esta lente bloquea en cierta medida la luz azul-violeta, y transmite completamente la luz azul- turquesa. Para la radiación infrarroja vemos que la transmitancia se sitúa en torno al 90-95%.

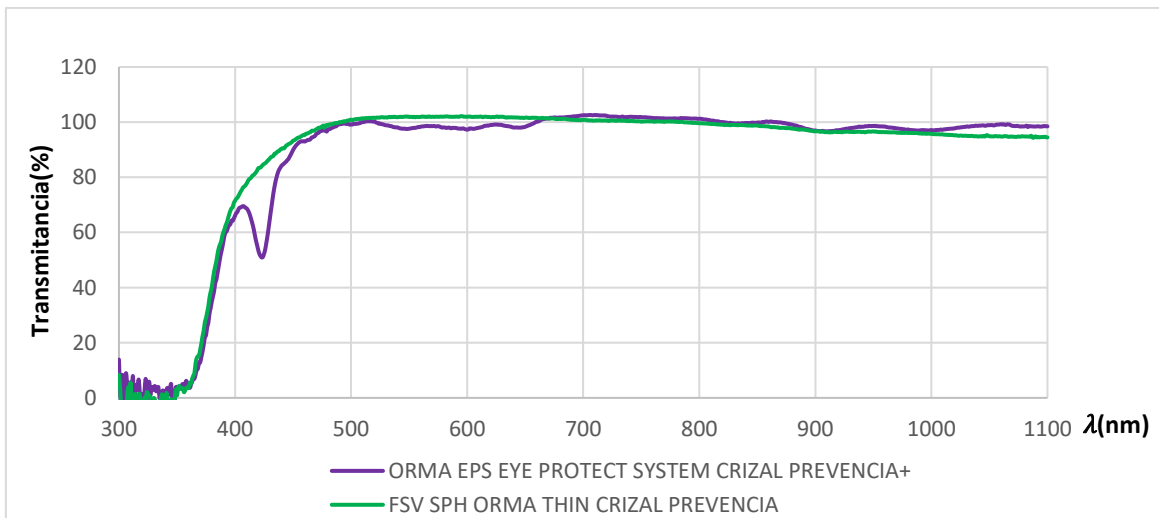


Figura 9. TRANSMITANCIA DE LAS LENTES FSV SPH ORMA THIN CRIZAL PREVENCIA Y ORMA EPS EYE PROTECT SYSTEM CRIZAL PREVENCIA +

Como podemos ver en la Figura 9, la lente FSV SPH ORMA THIN CRIZAL PREVENCIA bloquea parcialmente la radiación UV, ya que a partir de los 350nm (λ aproximada donde acaba el ruido y empiezan a ser fiables los resultados), la transmitancia aumenta llegando a ser del 70% para el final del rango ultravioleta. Para la radiación azul-violeta la transmitancia de la lente aumenta desde el 70% al principio del tramo hasta llegar prácticamente al 100% al final de este, lo cual implica que la lente bloquea ligeramente la nociva radiación azul-violeta. Por otra parte, a partir de los 450 nm la transmitancia se estabiliza entorno al 100%, lo que nos indica que la lente no bloquea la

radiación azul-turquesa. También podemos ver que la transmitancia para el rango infrarrojo es del 90-95% es decir, que también bloquea esta radiación de forma no significativa.

Si observamos los datos de transmitancia de la lente ORMA EPS EYE PROTECT SYSTEM CRIZAL PREVENCIA+ (representados también en la Figura 9) podemos ver que para todo el rango de luz ultravioleta la transmitancia es menor al 60%. Por otra parte, para las primeras λ del rango azul-violeta la transmitancia de la lente ronda el 70%, pero luego desciende bruscamente hasta ser un de un 50% para una λ de 420 nm, y a continuación vuelve a aumentar hasta situarse en un 90% al principio del tramo azul-turquesa y en un 100% al final. Por otra parte, para el rango infrarrojo vemos una ligera disminución de transmitancia de un 5% aproximadamente, lo cual la sitúa en un 95%.

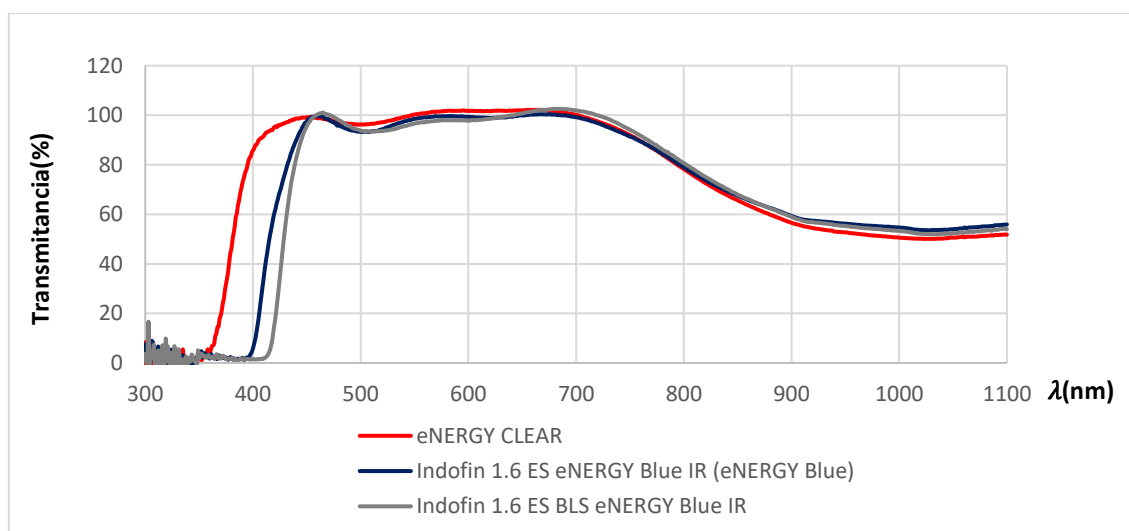


Figura 10. TRANSMITANCIA DE LAS LENTES eENERGY CLEAR, Indofin 1.6 ES eENERGY Blue IR, Indofin 1.6 ES BLS eENERGY Blue IR

La Figura 10 muestra la transmitancia de la lente Natural IR (eENERGY CLEAR). Como se puede apreciar, esta lente bloquea parcialmente la radiación UV, ya que, desde los 350nm donde empieza a ser fiable la medida del detector, hasta los 400 nm, donde acaba este rango, la transmitancia aumenta desde el 0% hasta el 85%. Para el rango de luz azul la transmitancia ronda el 100-95%, por lo que podría considerarse que esta lente no bloquea la luz azul. Por otra parte, la transmitancia en el rango infrarrojo desciende hasta el 50%, por lo que podemos afirmar que esta lente bloquea bastante la radiación infrarroja.

La lente Indofin 1.6 ES eENERGY Blue IR (eENERGY BLUE) bloquea completamente la radiación ultravioleta, ya que como podemos ver en la Figura 10 la transmitancia es prácticamente 0% para λ menores a 400 nm. La transmitancia va aumentando desde algo menos del 10% para una λ de 400 nm hasta llegar al 100% para una λ de 470 nm y posteriormente desciende un poco, hasta algo más del 90% hasta el final del tramo. Es decir, que esta lente bloquea en cierta medida la luz azul- violeta y muy ligeramente la luz azul-

turquesa. Además, bloquea notablemente la radiación infrarroja (transmite algo más del 50% de esta luz).

Si comparamos la lente eENERGY CLEAR (Natural IR) con la lente Indofin 1.6 ES eENERGY Blue IR (eENERGY BLUE) ambas representadas en la Figura 10 podemos apreciar algunas diferencias. La lente eENERGY BLUE bloquea más λ del rango ultravioleta que la otra lente, y bloquea las mismas λ del rango azul (ambas graficas tienen la misma forma en este tramo) pero en mayor medida (la gráfica de transmitancia de esta lente va algo por debajo de la gráfica de la otra lente). Sin embargo, respecto al tramo de λ correspondientes al infrarrojo, podemos ver que en este caso es la lente eENERGY CLEAR la que bloquea en mayor medida estas λ .

La Figura 10 también refleja que la lente Indofin 1.6 ES BLS eENERGY Blue IR bloquea totalmente la radiación ultravioleta, puesto que la transmitancia es 0% hasta 400 nm. Respecto al rango de luz azul se observa que la transmitancia va aumentando conforme aumenta la λ desde 0% hasta llegar a 100% en torno a 450 nm, a partir de este punto la transmitancia desciende ligeramente hasta situarse en torno al 90% en 495 nm. Esto quiere decir que la lente bloquea en cierta medida la luz azul-violeta, pero permite el paso de prácticamente toda la luz azul-turquesa. En este caso, la lente bloquea bastante la radiación infrarroja (a partir de 750 nm la transmitancia va descendiendo hasta situarse en algo más del 50%).

Si comparamos lente Indofin 1.6 ES eENERGY Blue IR con la lente Indofin 1.6 ES BLS eENERGY Blue IR ambas representadas en la Figura 10 podemos destacar una sola diferencia: la lente con la tecnología BLS bloquea totalmente una pequeña sección del rango de luz azul, que la otra lente no bloquea. Como podemos ver para la lente Indofin 1.6 ES BLS eENERGY Blue IR la transmitancia empieza a aumentar un poco después de los 400 nm, mientras que en la lente Indofin 1.6 ES eENERGY Blue IR esto ocurre justo en los 400 nm. Más adelante explicaremos con más detalle la mencionada tecnología BLS.

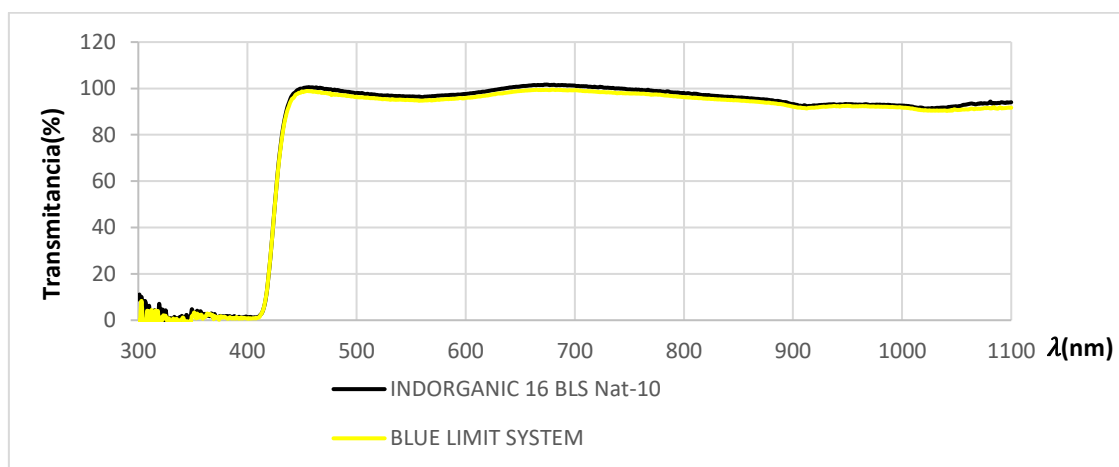


Figura 11. TRANSMITANCIA INDORGANIC 1.6 BLS Nat-10 y BLUE LIMIT SYSTEM

En la Figura 11 podemos ver que la transmitancia de la lente INDORGANIC 1.6 BLS Nat-10 para las distintas λ es idéntica a la de la lente de muestra del Blue Limit System. Ambas lentes bloquean completamente todo el rango ultravioleta y parte del rango de luz azul, ya que su transmitancia es del 0% hasta algo más de 400 nm. Por otra parte, para el tramo de luz azul su transmitancia va aumentando a medida que lo hace la λ llegando incluso a ser del 100% en torno a 450 nm y luego se reduce ligeramente hasta el final del tramo. Esto se traduce en que estas lentes bloquean completamente las primeras λ del tramo azul-violeta, parcialmente el resto de luz azul-violeta, y dejan pasar prácticamente toda la luz azul-turquesa. La transmitancia en el rango infrarrojo es del 90% aproximadamente.

CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN.

¿Qué características dicen los fabricantes que tienen sus productos? ¿Realmente estas lentes son efectivas? ¿Cumplen las expectativas de los pacientes?

4.1 ESSILOR

Consultamos el catálogo de referencias técnicas de Essilor dirigido a ópticos-optometristas con el objetivo de conocer las características que esta empresa atribuye a sus productos. En la sección de tratamientos hay información sobre cada uno de ellos, pero en este TFG solo analizaremos la gama Crizal, puesto que es la única con características relacionadas con el tema.

Los tratamientos de la gama Crizal se anuncian como tratamientos muy completos, que no solo ofrecen protección frente a la luz UV, corroborado por el E-SPF, sino que además proporcionan una claridad de visión notable al proteger a la lente de “los enemigos de la claridad” (huellas, arañazos, reflejos, polvo y agua) [11].



Figura 12. Exposición a luz UV por reflexión y por transmisión [11].

Los tratamientos básicos frente a la radiación UV consisten en que la materia de la lente absorbe la radiación UV que llega por su cara externa. La gama Crizal tiene en cuenta además la reflexión que ocurre en la cara interna de la lente, por lo que incorpora capas de antirreflejante con filtro UV para eliminar los reflejos de la cara interna y así proteger completamente al ojo de esta radiación (Ver Figura 12). Estas primeras lentes de gama Crizal sentaron la base de la empresa en la protección frente a los reflejos de la cara interna de la lente, y a partir de ahí han ido innovando, creando tratamientos con características mejoradas, todos ellos englobados dentro de la gama Crizal¹¹.

El Factor de Protección Solar de Essilor (E-SPF) es un índice que certifica la protección que proporciona la lente frente a la radiación ultravioleta. Este índice ha sido desarrollado por Essilor, pero aprobado por organismos externos independientes. Se refiere tanto a los rayos UV transmitidos, como a los reflejados por la cara interna de la lente. Todos los productos de la gama Crizal están dotados de mayor o menor E-SPF¹¹. Concretamente, las lentes blancas de esta gama llegan como máximo a un E-SPF 35 para Crizal Sapphire HR, Crizal Prevencia, Crizal Rock y Crizal Easy Pro. Las lentes solares de esta casa comercial llegan a E-SPF 50 [11], pero no son el objeto de observación de este TFG. El logotipo se muestra en la Figura 13.



Figura 13. Logo E-SPF [11]

Dentro de la gama Crizal, podemos encontrar varios tratamientos:

- **Crizal Easy Pro:** es el antirreflejante base de esta gama Crizal [11].
Hemos trabajado con una lente Crizal Easy Pro (FSV ORMA BLUEUV CAPTURE CRIZAL EASY PRO E-SPF 35), pero como tiene otros tratamientos adicionales, los datos obtenidos no corresponden únicamente al tratamiento Crizal Easy Pro, por lo que no podemos comprobar su efectividad.
- **Crizal Sapphire HR:** El catálogo nos indica que las lentes con este tratamiento ofrecen transparencia y resistencia [11].
- **Crizal Prevencia (y Crizal Prevencia +):** La mejora que ofrece este tratamiento frente al Crizal estándar es que incluye la tecnología LightScan gracias a la cual filtra la luz de forma selectiva [11]. Esto quiere decir que bloquea la luz azul-violeta y la ultravioleta, pero transmite la luz azul-turquesa. El catálogo apoya esta afirmación en los siguientes datos extraídos de estudios sobre las lentes Crizal Prevencia realizados por Essilor:
 - ✓ Estas lentes bloquean el 20 % de la luz azul-violeta.
 - ✓ Esto reduce en un 25% la tasa de muerte de las células de la retina [11].

En este estudio hemos analizado la lente FSV SPH ORMA THIN CRIZAL PREVENCIA como muestra del tratamiento Crizal Prevencia. Según esta información comercial aportada por el fabricante, esta lente debería bloquear el 20% de la luz azul-violeta y una cantidad indeterminada de radiación ultravioleta (podría darse a entender que bloquea completamente de esta radiación). Comparando esta información con la que hemos obtenido en este estudio (ver Figura 9) comprobamos que en cierto modo los datos aportados por Essilor son veraces. La realidad es que esta lente bloquea la radiación ultravioleta, pero no completamente como podría haberse dado a entender, sino que sus valores de transmitancia para el rango UV van aumentando progresivamente desde 0% al inicio del tramo hasta 70 % al final. Tampoco podría considerarse errónea la afirmación de que esta lente bloquea

el 20% de la luz azul-violeta, ya que para las primeras λ del tramo azul-violeta su transmitancia es del 70% y luego aumenta hasta ser prácticamente del 100% para el final del tramo. Además, se corrobora que esta lente trasmite toda la luz azul-turquesa, ya que para este tramo de λ su transmitancia es del 100%.

Por su parte, Crizal Prevencia+ es una lente Crizal Prevencia que adicionalmente incorpora el Eye Protect System [11]. Para esta lente, el catálogo aporta los siguientes datos:

- ✓ Bloquea hasta un 32% de la luz azul-violeta.
- ✓ Esto reduce en un 30% la tasa de muerte celular de las células de la retina [11].

Esta es la forma con la que se consigue mayor protección de todos los productos de Essilor, y sin sacrificar la estética, ya que esta es la misma que con el tratamiento Crizal Prevencia solo [11].

Hemos trabajado con la lente ORMA EPS EYE PROTECT SYSTEM CRIZAL PREVENCIA+ para comprobar los datos aportados por el fabricante sobre el tratamiento Crizal Prevencia +. Los resultados que esperábamos obtener son un bloqueo de la luz ultravioleta indeterminado (al igual que en el caso anterior podríamos haber supuesto un bloqueo total de esta), y un bloqueo del 32 % de la luz azul-violeta. En la Figura 9 podemos ver que la transmitancia de la lente es un 60% como máximo en el rango ultravioleta, y se sitúa entre un 50 y un 70% para el rango azul-violeta, por lo que si es cierto que bloquea al menos un 30% de esta radiación.

- **Crizal Rock** es el antirreflejante básico de la gama Crizal, al que además se le ha dotado de protección contra el rayado y las manchas [11].

No es objeto de este estudio analizar las propiedades físicas de los tratamientos

Este catálogo de Essilor nos ofrece una sección específica sobre la protección contra la luz azul.

Nos informa de que en cualquiera de las lentes blancas podemos integrar alguno de los siguientes tratamientos: Eye Protect System, Blue UV Capture y Transitions. Cualquiera de los tres aporta estos beneficios adicionales:

- ✓ Protección frente luz ultravioleta
- ✓ Protección frente a luz azul. Nos informa de que la protección que ofrecen es “inteligente”, lo cual quiere decir que bloquean la nociva luz azul-violeta, pero dejan pasar la luz azul-turquesa.
- ✓ Aspecto transparente [11].

A continuación, se detallan los aspectos más relevantes de estos sistemas de protección frente a la luz azul.

▪ Eye Protect System

Integra la tecnología Smart Blue Filter, que se diseñó para distinguir la luz azul-violeta de la luz azul-turquesa. Esta tecnología absorbe la luz azul-violeta que llega a la lente tanto desde su superficie anterior, como desde su superficie posterior, sin afectar a las demás λ [11].

Al combinar la tecnología Smart Blue Filter con E-SPF, obtenemos protección tanto frente a la luz azul, como frente a la ultravioleta, y tanto frente a la proveniente de la cara anterior de la lente, como a la proveniente de la cara posterior [11]. Esto es lo que se denomina Eye Protect System.

Beneficios:

- ✓ Mejora la percepción de colores frente a otras lentes con filtro de luz azul, gracias a que la tecnología Smart Blue Filter filtra la luz azul-violeta de forma inteligente; es decir, que solo bloquea esta radiación, dejando intactas el resto de λ .
- ✓ Protege frente a la luz nociva: tanto frente a la luz azul-violeta como frente a la ultravioleta, y tanto frente a la proveniente de la cara anterior de la lente por transmisión, como a la proveniente de la posterior por reflexión en ella.
- ✓ Contribuye a la salud visual.
- ✓ Son lentes transparentes tanto mirándolas, como mirando a través de ellas. No tiene tinte residual, ni reflejos azules [11].

La lente ORMA EPS EYE PROTECT SYSTEM CRIZAL PREVENCIA+ incorpora esta tecnología puesto que Crizal Prevencia + es el resultado de combinar el tratamiento Crizal Prevencia con el Eye Protect System. Esto implica que ya hemos estudiado el Eye Protect System indirectamente, pero ahora lo haremos de forma directa.

Para evaluar la efectividad del Eye Protect System como una entidad independiente podemos comparar la curva de transmitancia de una lente con tratamiento Crizal Prevencia + con la curva de transmitancia de otra lente que únicamente lleve el tratamiento Crizal Prevencia. Esto se representa en la Figura 9, en la cual podemos ver que la diferencia entre ambas curvas es el pico que presenta la lente con tratamiento Crizal Prevencia + en 420 nm aproximadamente. Esto se traduce en que el Eye Protect System bloquea particularmente la λ 420 nm. Es cierto que esta λ es parte del rango azul-violeta, y que por tanto en cantidades excesivas puede resultar perjudicial para el ojo, pero el problema es que la radiación de esta λ que llegará a los ojos del cliente provendrá principalmente del sol, y no de dispositivos digitales (su pico de emisión de radiación azul se encuentra en 450 nm). Dicho de otra forma, este filtro ofrece al consumidor protección principalmente frente a luz azul proveniente del sol, que salvo casos puntuales no se recibe de forma excesiva, pero no protege de forma notable frente a la radiación proveniente de los dispositivos digitales, que es para lo que se recomienda y distribuye este filtro.

- Blue UV Capture

Beneficios de este tratamiento:

- ✓ No altera los contrastes, ni la percepción de color.
- ✓ Protección frente rayos UV: bloquea el 100% de la luz ultravioleta que incide en su cara anterior. En la letra pequeña matizan que si queremos obtener la máxima protección frente a la luz UV; es decir, frente a la proveniente tanto de la cara anterior como de la cara posterior de la lente, debemos combinar el BlueUV Capture con la gama Crizal.
- ✓ Filtrado selectivo: permite el paso de la luz azul-turquesa, aunque bloque la luz azul-violeta y la UV.
- ✓ Antirreflejante, lo cual mejora la estética. Además, el color residual es extremadamente bajo [11].

Vamos a contrastar los datos obtenidos en este estudio para la lente FSV ORMA BLUEUV CAPTURE CRIZAL EASY PRO E-SPF 35 con los aportados por Essilor. Como ya indiqué antes, el tratamiento Cizal Easy Pro como parte de la gama Crizal protege frente a la radiación UV que incide en el ojo tanto desde la cara anterior, como desde la cara posterior de la lente. Adicionalmente esta lente incorpora el sistema BlueUV Capture, por lo que su acción frente a la luz ultravioleta debería incrementarse, y debería tener cierto grado de bloqueo de luz azul.

Como podemos ver en la Figura 8, la cual representa la transmitancia de esta lente para las distintas λ , lo anunciado por la empresa se cumple. La lente bloquea totalmente la radiación ultravioleta, y en cierta medida la azul-violeta, mientras que transmite totalmente la luz azul-turquesa.

- El tratamiento Transitions no es elemento de estudio de este TFG, puesto que estas lentes podrían considerarse lentes solares.

4.2 INDO

Por otra parte, consultamos la información comercial de Indo, y obtuvimos información acerca de los distintos tratamientos que pueden tener las lentes de este fabricante:

- Natural superclear:

Aporta ciertas ventajas a nivel técnico sobre un tratamiento antirreflejante estándar:

- ✓ Minimiza la reflexión en mayor medida que el estándar, asegurando mayor confort visual.
- ✓ Efectivo eliminando reflejos en todos los ángulos de mirada, lo cual mejora la estética.
- ✓ Proporciona una transmitancia máxima gracias a la Top clear Technology, que pretende dar naturalidad a la lente, haciéndola totalmente transparente [12].

○ **Natural IR (eENERGY CLEAR):**

Lo anuncian como una protección total contra todas las radiaciones solares, incluida la infrarroja, en una lente transparente. Cuenta con Infrared Tecnology, como parte de la gama eENERGY [12]. Las características de esta lente son las siguientes:

- ✓ Matizan que bloquea la radiación infrarroja, pero en un 46%.
- ✓ Lente bastante transparente, si bien es cierto que presenta un reflejo residual verde uniforme, del cual nos advierten.
- ✓ Aporta resistencia, gracias a su multicapa con mayor concentración molecular [12].

Si comparamos la curva de transmitancia de esta lente aportada por Indo (Figura 14) con la curva de transmitancia de esa misma lente obtenida en el laboratorio (Figura 10), podemos observar una diferencia clara y significativa: según la gráfica de Indo la transmitancia de la lente llega a disminuir hasta el 30% para el rango infrarrojo, pero en el laboratorio comprobamos que para este rango su mínima transmitancia es del 50%. Si bien es cierto que Indo también aporta datos numéricos en los que nos dicen que la lente transmite tan solo el 54% de la radiación infrarroja, lo cual si concuerda con esta transmitancia de aproximadamente el 50%. Es decir, que la gráfica atribuye a este tratamiento unas propiedades que realmente no tiene, y solo llegando a leer el texto obtendremos datos reales.

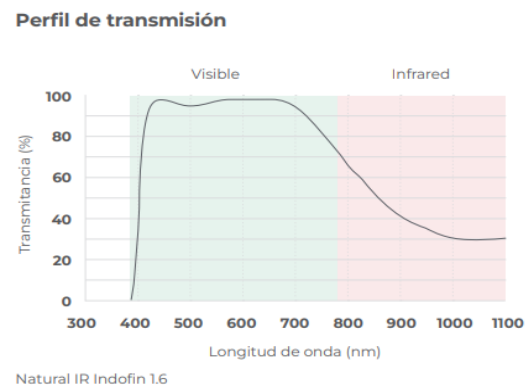


Figura 14. Perfil de transmisión de las lentes con tratamiento Natural IR (eENERGY clear) [12].

Por otra parte, en ambas gráficas vemos que bloquean la luz azul pero muy poco, la transmitancia sigue siendo mayor del 90%. Por tanto, si es cierto que bloquea la luz azul, y sí que cumple con la gráfica proporcionada con Indo, aunque el efecto sea muy pequeño.

○ **eENERGY Blue:**

Nos informan que protege al ojo de todas las radiaciones solares, incluida la IR, y particularmente de la azul. La principal diferencia entre este tratamiento y el anterior es que este bloquea algo más la luz azul que el otro, lo cual podemos ver claramente si comparamos las gráficas de transmitancia de ambos de ambos. Hace especial mención de los dispositivos electrónicos, ya que estos son fuentes de luz azul adicionales a la solar; por ello, este tratamiento está indicado especialmente para usuarios de dispositivos electrónicos. También cuenta con Infrared Technology como parte de la gama eENERGY [12].

Según el catálogo esta lente aporta las siguientes ventajas:

- ✓ Protege a los ojos de los efectos adversos de la radiación solar.
- ✓ Favorece el descanso de la persona, ya que al reducir la cantidad de luz azul que llega a los ojos, reduce su impacto en el ciclo del sueño.
- ✓ Reduce la fatiga y el cansancio visual asociado al uso de dispositivos electrónicos [12].

A continuación, se detalla la comparación de la curva de transmitancia que aporta Indo para la lente Indofin 1.6 ES eENERGY Blue IR (ver Figura 15), y la curva de transmitancia obtenida en el laboratorio para esa misma lente (ver Figura 10). Al igual que en el caso anterior, podemos ver que la transmitancia representada en ambas gráficas para el rango infrarrojo no coincide, ya que en la representación aportada por Indo la transmitancia de la lente se reduce hasta algo menos del 30%, mientras que en la obtenida a partir de los datos del laboratorio la transmitancia solo se reduce hasta el 50%. Por otra parte, la transmitancia mostrada en ambas gráficas para el rango de luz azul coincide. Esto implica que el dato sobre el bloqueo de radiación azul aportado por Indo es real, pero el dato sobre radiación infrarroja no lo es.

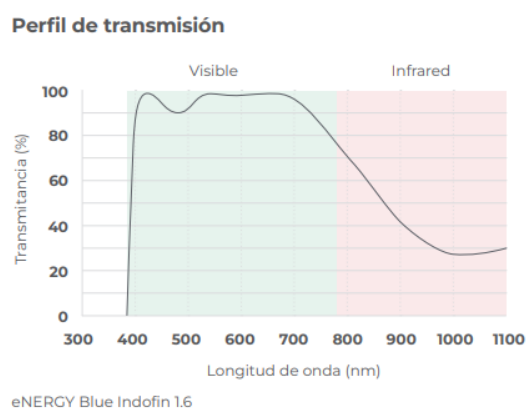


Figura 15. Perfil de transmisión de las lentes con tratamiento eENERGY Blue [12].

- **Natural 10:** antirreflejante de gama premium, cuenta con tecnología multicapa [12]:
 - ✓ Resistencia al rayado
 - ✓ Durabilidad: Las lentes resisten más tiempo en condiciones óptimas.
 - ✓ Estética. Advierten de que poseen un reflejo residual de color verde [12].

Podemos ver que la gráfica que representa la transmitancia de la lente INDORGANIC 16 BLS Nat-10 para distintas λ (ver Figura 11) es bastante similar a la proporcionada por Indo como ejemplo del tratamiento Natural-10 (ver Figura 16). La diferencia es que la lente analizada tiene BLS a mayores del tratamiento Natural-10 que queremos estudiar, por lo que no nos permite analizar la efectividad de este tratamiento de forma adecuada. La empresa dice que tratamiento Natural-10 por sí solo bloquea completamente la radiación ultravioleta, mientras que hemos comprobado que el tratamiento Natural-10 junto con el sistema BLS bloquean completamente la radiación ultravioleta y una pequeña parte de la azul-violeta, pero con la lente empleada no podemos asegurar que las características que Indo atribuye a este tratamiento se cumplan.

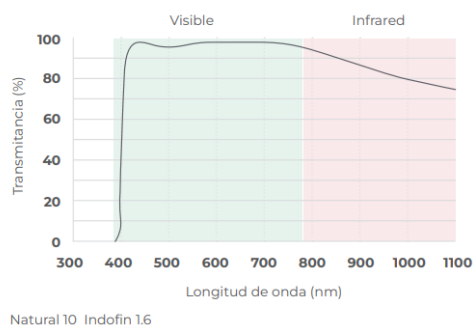


Figura 16. Perfil de transmisión de las lentes con tratamiento Natural- 10 [12].

o Blue Limit System:

Es un sistema de protección frente a la luz azul-violeta de Indo. Lo denominan protección UV++ ya que protege frente a la radiación de λ hasta 410 nm, lo cual incluye radiación ultravioleta y parte de luz azul-violeta. Se refieren a ello como protección inteligente frente a la luz azul de más alta energía, ya que de todo el rango azul (400 a 495nm), solo corta hasta 410 nm, la cual es la luz azul de mayor energía por ser la de menor λ . Esto se traduce en: mayor confort, vista relajada, mejor contraste, y lentes más estéticas [12].

Esta descripción encaja perfectamente con la curva de transmitancia obtenida en el laboratorio de la lente de muestra del BLS (ver Figura 11) y con la conclusión que obtuvimos al comparar la curva de transmitancia de las lentes Indofin 1.6 ES eENERGY Blue IR e Indofin 1.6 ES BLS eENERGY Blue IR cuya única diferencia es el tratamiento BLS (ver Figura 10).

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES

De la comparación de los resultados obtenidos en el laboratorio sobre este grupo de lentes oftálmicas, con las características técnicas y comerciales que los fabricantes les atribuyen, podemos afirmar que de forma general todas las lentes oftálmicas que se analizaron en este trabajo cumplen con las especificaciones técnicas y con su función final anunciada por los fabricantes.

Sin embargo, observamos que en algunas lentes existe cierta discrepancia entre la información aportada por el fabricante en términos de transmitancia, y los valores de transmitancia obtenidos finalmente en el estudio. Este es el caso de las siguientes lentes:

- La realidad es que no puede considerarse que la lente FSV SPH ORMA THIN CRIZAL PREVENCIA no se ajuste a las características aportadas por Essilor; sin embargo, estas características se presentan de forma ambigua pudiendo dar lugar a una interpretación que dista bastante de la realidad.
- La lente ORMA EPS EYE PROTECT SYSTEM CRIZAL PREVENCIA+ protege particularmente frente a la radiación azul solar, pero no bloquea de forma destacada la radiación azul proveniente de los dispositivos digitales como se da a entender en las especificaciones comerciales de Essilor, la empresa fabricante.
- Las lentes eENERGY CLEAR y eENERGY BLUE de Indo presentan una discrepancia respecto a lo dicho sobre la radiación infrarroja.

Por otro lado, las lentes que mejor se adecuan a las especificaciones técnicas y comerciales que les atribuyen sus fabricantes son las siguientes:

- La lente FSV ORMA BLUEUV CAPTURE CRIZAL EASY PRO E-SPF 35 cumple perfectamente con las indicaciones ofrecidas por el fabricante Essilor.
- Indofin 1.6 ES BLS eENERGY Blue IR se ajusta a lo esperado teniendo en cuenta que incorpora el tratamiento BLS y el eENERGY Blue IR.

- La lente INDORGANIC 16 BLS Nat-10 también se ajusta a los datos aportados por la empresa Indo.
- La lente de muestra del BLUE LIMIT SYSTEM coincide totalmente con la descripción proporcionada por Indo.

En conclusión, los tratamientos de las lentes analizadas en este trabajo de fin de grado cumplen su función de bloquear las radiaciones objeto de este estudio, pero parcialmente. Podemos afirmar que estos filtros realmente son efectivos y que aportan cierta protección, pero esta es limitada debido a que no llegan a bloquear totalmente las radiaciones en cuestión.

Por lo cual consideramos que es necesario más investigación para el desarrollo de mejores filtros que bloqueen por completo estas radiaciones dañinas, para así proteger completamente la salud ocular, previniendo de esta manera futuras afecciones evitables.

CAPÍTULO 6. BIBLIOGRAFÍA

1. CSN (Consejo de Seguridad Nuclear). Espectro de ondas electromagnéticas. [https://www.csn.es/documents/10182/914801/FDE-01.03%20-%20Espectro%20de%20ondas%20electromagn%C3%A9ticas%20-%20P%C3%B3ster#:~:text=El%20espectro%20electromagn%C3%A9tico%20es%20el,presenta%20en%20un%20tiempo%20determinado.\(2%20de%20marzo%20de%202023\).](https://www.csn.es/documents/10182/914801/FDE-01.03%20-%20Espectro%20de%20ondas%20electromagn%C3%A9ticas%20-%20P%C3%B3ster#:~:text=El%20espectro%20electromagn%C3%A9tico%20es%20el,presenta%20en%20un%20tiempo%20determinado.(2%20de%20marzo%20de%202023).)
2. Leung TW, Li RW-h, Kee C-s. Blue-Light Filtering Spectacle Lenses: Optical and Clinical Performances. PLOS ONE.2017;1: 2.
3. LAMP Workttitude for light. Luz azul: consecuencias en la salud visual y riesgo fotobiológico. https://www.lamp.es/es/news/luz-azul-consecuencias-en-la-salud-visual-y-riesgo-fotobiologico_584791. (16 de marzo de 2023).
4. Heiting G. ¿La luz azul daña la vista? Peligros y beneficios de esta. <https://www.allaboutvision.com/es/sindrome-visual-informatico/luz-azul.htm>. (16 de marzo de 2023).
5. Rodriguez A. Efectos de la luz azul en la salud: lo bueno, lo malo y cómo protegerte. <https://www.hp.com/mx-es/shop/tech-takes/luz-azul-efectos-salud>. (16 de marzo de 2023).
6. Lucas RM, Yazar S, Young AR, Norval M, de Grujil FR, Takizawa Y, Rhodes LE, Sinclair CA, Neale RE. Human health in relation to exposure to solar ultraviolet radiation under changing stratospheric ozone and climate. Photochemical & Photobiological Sciences. 2019;18: 11-15.
7. Kurzel RB, Wolbarsht ML, Yamanashi BS. Ultraviolet Radiation Effects on the Human Eye. Plenum Press. 1977;3:134-160.
8. Química.es. Radiación infrarroja. https://www.quimica.es/enciclopedia/Radiaci%C3%B3n_infrarroja.html.(18 de marzo de 2023).
9. Indo. Infrared Technology. <https://indo.es/es/users/infrared> (18 de marzo de 2023).
10. Real Academia de Ingeniería. Transmitancia espectral. <https://diccionario.raing.es/es/lema/transmitancia-espectral#:~:text=Definici%C3%B3n%3A,ej>. (18 de marzo de 2023).
11. Essilor. Catálogo Referencias Técnicas- Tarifa Essilor. Essilor. 2023;1:43-55
12. Indo. TECNOLOGIAS PRODUCTOS Y SERVICIOS_4605524_2023_02_28. Indo. 2023;1:33-37.