

Tiempo de vida útil de la capa antirreflejo fabricada en la ciudad de Bogotá por tres laboratorios ópticos¹

Sonia Edith Rivera C.* / Deisy Susana Rivero P* / Claudia Perdomo**

RESUMEN

Los avances tecnológicos de la capa antirreflejos con la incorporación de revestimientos hidrofóbicos, prolongan la vida de la capa y reducen la tendencia a mancharse, mejorando así su adherencia y resistencia antirrayas. Aunque la mayoría de revestimientos antirreflejos, en la actualidad no se diseñan para durar tanto como el lente, sí ofrecen garantías contra algunas molestias visuales. **Objetivo:** determinar la vida útil de la capa antirreflejo fabricado en Colombia por tres laboratorios. **Materiales y métodos:** se realizó un estudio descriptivo en tres laboratorios fabricantes de dicho revestimiento, en la ciudad de Bogotá, para esto se sometieron cinco lentes de cada laboratorio de material CR-39 (carbono de allyl diglicol) a las pruebas de Ebullición de 5% de cloruro de sodio (NaCl) y abrasión, en el laboratorio de Lens Coat®. **Resultados:** la prueba de Ebullición de 5% de cloruro de sodio y la prueba de abrasión muestran claramente que el laboratorio B, en comparación con los otros laboratorios en prueba, fabrica el revestimiento AR de mayor tiempo de vida útil, siendo de un año y tres meses aproximadamente.

Palabras clave: capa antirreflejo, dialilglicol, revestimiento, ebullición.

ANTI-REFLEX LAYER LIFETIME MADE IN BOGOTÁ BY THREE OPTIC LABORATORIES

ABSTRACT

Technological advances in the anti-reflex layer implementing hydrophobic coatings extend the layer life and reduce the trend to get stains, improving thus its adherence and anti-scratch resistance. Although currently most of anti-reflex coatings are not designed to last as long as the lens, they do offer guarantees against some visual nuisances. **Objective:** to determine the anti-reflex layer lifetime produced by three Colombian laboratories. **Materials and Methods:** a descriptive study was carried out in Bogotá, in three laboratories that produce the coating. Five lenses from each laboratory made of CR-39 (allyl diglycol carbonate) were subjected to boiling test with 5% of sodium chloride (NaCl) and abrasion test in the Lens Coat® Lab. **Results:** the boiling test with 5% of sodium chloride and abrasion test clearly show that Laboratory B, compared to the other tested labs, produces the anti-reflex coating with the longest lifetime, a year and three months approximately.

Key words: anti-reflex layer, allyl diglycol carbonate, coating, boiling.

¹ Investigación apoyada por la Universidad de La Salle

* Estudiantes X semestre Optometría.

** Optómetra Especialista. Docente investigador Universidad de La Salle. Grupo Óptica y Lentes de Contacto.

Correo electrónico: cperdomo@lasalle.edu.co

Fecha recibido: 22 de agosto de 2007.

Fecha aceptado: 5 de octubre de 2007.

INTRODUCCIÓN

La práctica clínica de la optometría requiere del conocimiento de los avances que ofrecen los diversos laboratorios oftálmicos, en todo lo que se refiere a tratamientos adicionales como lo es el antirreflejo. Actualmente existe poco conocimiento sobre el tiempo de vida útil de este, debido a que no hay adecuadas fuentes de información de los diferentes laboratorios que lo producen.

El principio óptico de la capa antirreflejo consiste en crear una auto interferencia entre rayos reflejados de modo que se puedan cancelar el uno con el otro, mediante la aplicación alternada de minerales de alto y bajo índice de refracción por medio de una reacción química. Para lograr esto, se aprovecha la ventaja ondulatoria de la luz creando oposición de fases entre ondas reflejadas. Si se coloca un delgado cubrimiento sobre el lente, la fuente de luz, la cual es una serie de ondas, choca con el cubrimiento dividiéndose en ondas reflejadas y refractadas. Las ondas refractadas luego chocan con el lente y son una segunda vez divididas en ondas reflejadas y refractadas (Freeman, 2003).

Para que se produzca la interferencia es necesario que el recubrimiento antirreflejo cumpla dos condiciones:

- Amplitud: para cumplir esta condición, el índice de refracción de la capa debe ser igual a la raíz cuadrada del índice del lente. Cuando es aplicado en allyl diglicol (CR-39) de $n = 1.498$, el índice de refracción de la capa sería: $\sqrt{1.498} = 1,22$
- La segunda, es la condición de fase por la que el espesor de la capa debe ser $1/4$ de la longitud de onda deseada para la reflexión.

Estas condiciones son necesarias para causar dos reflexiones: una ligeramente desfasada con respecto a

la otra. Si el espesor de la capa y su índice se escogen adecuadamente, la segunda reflexión está desfasada en la mitad de la longitud de onda con respecto a la primera, causando una interferencia y los dos rayos que se están considerando en este momento se neutralizan o cancelan entre sí, eliminando la reflexión (Schwartz, 2002).

La luz visible está formada por muchísimas longitudes de onda cuyo rango va desde los 400 nm a 700 nm. Para que la capa antirreflejo sea efectiva para más de una longitud de onda requiere la aplicación de múltiples capas de material, cuyo principio consiste en eliminar el reflejo residual jugando con la interferencia de cubrimientos adicionales (Hechet, 1986).

La capa antirreflejo (AR) es un tratamiento dado a los lentes oftálmicos cuya finalidad es disminuir la reflexión normal de la luz. Su principal característica es la transmisión de luz en un 99%.

La reflexión y las imágenes desagradables que se forman en los lentes se deben a los reflejos múltiples, provocados por una variedad de áreas del medio ambiente. El campo visual se vuelve confuso, lo que se conoce con el nombre de imágenes fantasmas, las cuales aunque menos luminosas que el propio objeto, son bastante desagradables.

Las reflexiones de las superficies de los lentes se hacen cada vez más grandes, a medida que el índice de refracción aumenta (Arquez, 2000). Debido a la diferencia en el índice del lente y el medio en el cual es utilizado (aire), las reflexiones aumentarían en la interfase lente-aire, reduciendo la transmisión de la luz hacia el ojo.

Existen cinco tipos de reflexiones:

1. Reflexión formada por iluminación proveniente de atrás del lente y reflejada por la superficie posterior del lente ingresando así al ojo.

2. Reflexión formada por iluminación proveniente de atrás del lente, sufriendo reflexión interna por la superficie frontal y refractada en el ojo.
3. Reflexión formada por una fuente luminosa frente al lente, formando dos reflexiones internas, inicialmente formada por la superficie posterior y luego por la superficie frontal del lente y, por último, ingresando al ojo.
4. Reflexión formada cuando la luz pasa completamente el lente, esta es reflejada por la córnea y es devuelta al ser reflejada por la superficie posterior del lente y, por último, ingresando al ojo.
5. Reflexión formada por la reflexión de la córnea y es reflejada internamente por la superficie frontal del lente y devuelta al ojo.

Estas reflexiones causan una reducción en la agudeza visual del usuario, debido al emborronamiento y el contraste reducido. Esto tiene mayor efecto en condiciones de baja iluminación, como al conducir en la noche (Arquez, 2000).

Técnicamente el problema de la capa antirreflejo principalmente era: empañamiento, síndrome del lente engrasado, susceptibilidad excesiva a las rayas, necesidad de limpieza excesiva. Con el tratamiento hidrofóbico, obtiene las siguientes finalidades: elimina la estática del cuarzo (no se adhieren materiales que estén flotando en medio ambiente: polvo) y convierte el lente en hidrofóbico, es decir, repele el agua (no hay empañamiento).

Al no haber empañamiento, el lente no se engrasa, se reduce la necesidad de limpieza frecuente disminuyendo así, la posibilidad de rayas.

El proceso de recubrimiento en un lente oftálmico tiene tres componentes:

1. La protección de dureza, directamente en el sustrato (frecuentemente con una capa intermedia que mejora la adhesión), cuyo propósito es lograr la superficie deseada y dureza del producto.
2. Las coberturas antirreflejos.
3. Capa protectora: material hidrofóbico que repele agua, mugre y bloquea el aire.

Especificaciones de la capa:

El método más moderno para aplicar la capa se llama *ión beam gun* (una pistola de electrones dispara iones en el lente, empaquetando y encerrando los sustratos de AR). Esta intensifica la densidad de los iones de AR para reducir la cantidad de aire entre la capa de AR y el lente. Todos los materiales pueden ser cubiertos en este proceso. La *ión beam gun* crea una condensación más densa de moléculas y da una adherencia mejor y una capa más fuerte.

La capa AR está comprendida de múltiples coberturas de óxidos delgados, metálicos aplicados en una máquina que reproduce el vacío de espacio. Las capas finas crean “una onda destructiva” de luz reflejada que neutraliza casi todas las reflexiones. El sistema de capas consiste en una capa hidrofóbica, sistema multicapas, capa dura, capa aditiva y, por último, el lente. La capa AR siempre se encuentra sobre la capa de dureza por razones físicas, por lo tanto, la capa dura no protege la capa AR. Consiste en una o más capas metálicas de materiales dieléctricos que son aplicadas a una superficie (sílice, cromo, zirconio, cuarzo y titanio, adicional una capa hidrofóbica). Aplicada en espesores desde 0,6 a 112,9 nm aproximadamente.

Principales ventajas del antirreflejo (AR):

- Aumenta la transmisión luminosa y elimina los reflejos, al disminuir la reflexión.
- Comodidad visual al permitir que llegue mayor intensidad de luz al ojo.

- Mayor nitidez: puesto que la visión no se ve interferida por reflejos “imágenes fantasmas”.
- Mayor contraste: logrando percibir los objetos con mayor claridad. Esto se refiere a las ventajas ópticas, ya que se hace innecesario el esfuerzo visual para percibir perfectamente un objeto, traducéndose esto en menor cansancio visual o, expresado de otra manera, un mayor confort visual.
- Mejor estética: puesto que la luz incidente no se refleja en la superficie exterior del lente, permitiendo al observador ver los ojos del usuario.

Calidad de la capa AR:

Para identificar los posibles defectos de la capa AR, existen ciertos pasos de inspección, tales como: resistencia al calor, reflectividad, transmisión, cambio de fase, polarización, tolerancia de humedad, adherencia y los procedimientos de prueba de duración: test de adhesión ultrasónica, test de resistencia térmica, test de shock, test de ambiente artificial, resistencia a los químicos, test de resistencia a la abrasión y test de ebullición con 5% de NaCl.

El presente estudio tuvo como objetivo determinar la vida útil de la capa AR fabricada por tres laboratorios en Colombia utilizando el tes de abrasión y ebullición.

MATERIALES Y MÉTODOS

LENTES

15 lentes en material CR-39 (allyl diglicol) en poderes de -2.00 Dpt tallados, elaborados por tres laboratorios ópticos de la ciudad de Bogotá (5 lentes de cada laboratorio), con el antirreflejo Standard de cada casa fabricante. Dos días después del tratamiento AR, en el laboratorio Lens Coat®, los lentes, se sometieron a dos pruebas de tiempo de vida útil: test de abrasión y test de ebullición de 5% de Cloruro de Sodio (NaCl).

TEST DE ABRASIÓN (RUBBERT TEST)

Consiste en una pesa de 200 g colocada sobre el lente, el cual es humedecido con suspensión de carbonato de calcio y con una goma especial de silicona que gira en ángulo de 4°, en un área de 10 mm a 15 mm del lente con la misma frecuencia en dos ciclos: ciclo 1: minuto y medio y ciclo 2: cinco minutos.

A continuación, se limpia el lente y se examina verificando si hay o no rayones en dicha área y, posteriormente, se categorizaron en un rango de 1 a 5 de acuerdo al número e intensidad de rayones (Tabla 1).

TABLA 1. REPRESENTA LA TABLA DE VALORACIÓN DE LA CAPA AR DE LENS COAT® PARA EL TEST DE ABRASIÓN

EVALUACIÓN CON LÁMPARA	RANGO
No hay rayones visibles	1
Algunos rayones delgados en parte media (apenas observable)	2
En parte media, rayones profundos	3
En parte media, rayones profundos. Partes delimitadas creadas por defectos en la película (fácilmente observable)	4
Rayones profundos y amplia o total delimitación	5

TEST DE EBULLICIÓN CON 5% DE NaCl

Se calentó el agua con NaCl al 5%, hasta iniciar la ebullición. Sin permitir que saliera agua del recipiente, con una temperatura alrededor de los 110 grados Fahren-

heit. El lente limpio y sin defectos se ubicó en el portalente, marcándolo en la parte superior (en el borde) y colocándolo de tal manera que sólo la mitad del lente quedó sumergida en el agua salada (con la parte marcada hacia arriba), por dos minutos (Figura 1).

FIGURA 1. TEST DE EBULLICIÓN. A LA IZQUIERDA NaCl EN EBULLICIÓN Y A LA DERECHA LENTE EN EL PORTALENTE SUMERGIDO A LA MITAD



Se sacó el lente e inmediatamente se sumergió en un vaso con agua fría (temperatura ambiente). Se limpió para inspeccionarlo anotando cualquier defecto que se produjera durante el procedimiento, se buscó: corrosión del AR, delaminación del AR, cambio de color del AR.

El procedimiento se repitió cinco veces, ubicando el lente en la misma posición siempre para comparar la parte sumergida con la no expuesta.

Criterio de valoración: la prueba de inmersión se refiere estrictamente a la resistencia (remanencia y estabilidad) de la película AR frente a cada inmersión. Se categorizó (Tabla 2) en un rango de 1 a 5 de acuerdo a:

- Evaluación de rayones observados: número, densidad, ancho.
- Evaluación de la capa AR a observar.
- Comprobar delimitación, creada por rayones, partículas, etc.
- Comprobar delimitación creada por defectos en la película.
- Comprobar el cambio de color o delimitación parcial.

Cada inmersión equivale a tres meses de vida, en total se hicieron cinco inmersiones lo que garantiza un tiempo de vida útil de 1 año y tres meses.

TABLA 2. REPRESENTA LA TABLA DE VALORACIÓN DE LA CAPA AR DE LENS COAT® PARA EL TEST EBULLICIÓN DE 5% DE NaCl PEQUEÑOS

EVALUACIÓN CON LÁMPARA	RANGO
Sin cambios	1
Pequeños cambios, débilmente perceptibles	2
Pequeños cambios, medianamente perceptibles.	3
Mayor número de medianas fallas. Mediana y fácilmente visibles.	4
Graves fallas. Fácilmente visibles.	5

RESULTADOS

Posterior a las pruebas, los resultados fueron recopilados y tabulados con información a cerca del laboratorio, marca del AR, material del lente y resultados de las pruebas de acuerdo a las tablas de evaluación, donde se determinó, el tiempo de vida útil de cada uno.

TEST DE ABRASIÓN (RUBBERT TEST)

En la prueba de abrasión con borrador, el laboratorio A en el primer ciclo presento el 60% de sus lentes en el rango 2, el 20% en el rango 3 y el 20% en el rango 4; en el ciclo 2 el 60% en el rango 3, el 20% en el rango 4 y el 20% en el rango 5. El laboratorio B en el primer ciclo presento el 80% en el rango 1 y el 20% en el rango 2, en el ciclo 2 el 80% en el rango 2 y el 20% en el

rango 3. El laboratorio C en el primer ciclo el 60% en el rango 3 y el 40% en el rango 4; en el ciclo 2 el 60% en el rango 4 y el 40% en el rango 5 (Tabla 3).

TEST DE EBULLICIÓN DE 5% DE NaCl

En la prueba de ebullición los lentes del laboratorio A presentaron medianas fallas en la capa antirreflejo en la tercera inmersión con valores que oscilan entre 3 y 5, lo cual garantiza un tiempo de uso hasta el noveno mes. Los del laboratorio B toleraron las cinco inmersiones sin daños perceptibles que oscilan entre los rangos de 1 y 2, lo cual garantiza 1 año y 3 meses de uso y, por último, los lentes del laboratorio C presentaron serios daños fácilmente visibles desde la segunda inmersión, con rangos que oscilan entre 4 y 5, lo que garantiza que la capa tiene una duración de seis meses (Tabla 4).

TABLA 3. RANGO MÁXIMO Y MÍNIMO DE RESISTENCIA OBTENIDO AL TEST DE EBULLICIÓN DE CLORURO DE SODIO, REALIZADA A 5 LENTES CON CAPA ANTIRREFLEJO DE CADA LABORATORIO

TEST DE ABRASIÓN	LABORATORIO A	LABORATORIO B	LABORATORIO C
	Rango	Rango	Rango
Ciclo 1	2-3-4	1-2	3-4
Ciclo 2	3-4-5	2-3	4-5

TABLA 4. RESULTADOS DE LA PRUEBAS DE EBULLICIÓN DE CLORURO DE SODIO, REALIZADA A 5 LENTES CON CAPA ANTIRREFLEJO DE CADA LABORATORIO. RANGO MÁXIMO Y MÍNIMO DE RESISTENCIA

TEST DE EBULLICIÓN de 5% de NaCl	LABORATORIO A	LABORATORIO B	LABORATORIO C
	Rango	Rango	Rango
Inmersión 1	1-2	1	2-3
Inmersión 2	2-4	1	4-5
Inmersión 3	3-5	1	5
Inmersión 4	4-5	2	
Inmersión 5		2-3	

CONCLUSIONES

La calidad de la capa antirreflejo depende, en gran medida, del proceso de aplicación, por lo que es importante consultar acerca de la tecnología con que cuentan los laboratorios (Rivero, 2007).

El tratamiento antirreflejo (AR) se recomienda para todo tipo de pacientes usuarios de anteojos y, en especial, aquellos lentes con material de alto índice, puesto que el AR aumenta la transmisión de la luz. Lo ideal es aplicarlo en ambas caras del lente, para reducir las reflexiones frontales y posteriores (Beltrán, 2002).

RECOMENDACIONES

PARA EL MANTENIMIENTO DE LA CAPA

- Para remover la grasa se recomienda un jabón suave líquido (para manos), luego enjuagarlos y secarlos con un paño suave de micro fibra (debe evitarse la limpieza en seco).
- Debido a la tendencia a engrasarse por la propiedad hidrostática del cuarzo, hace que el lente se

empañe constantemente, razón por la cual los laboratorios de lentes oftálmicos están utilizando el tratamiento hidrofóbico, facilitando de este modo su limpieza.

- No debe dejarse los lentes expuestos a temperaturas altas, ya que se puede levantar la capa del tratamiento.
- Evitar el uso de alcohol, acetonas lacas y perfumes.
- Guardar en estuche duro, amplio y suave.
- No es recomendable someter el AR a altas temperaturas, por oxidación de los componentes; por esto la vida útil de la capa AR en lugares cálidos es menor.

Con el presente trabajo se concluyó que la capa antirreflejo fabricada en la ciudad de Bogotá, tiene una duración en óptima calidad máximo de 1 año y 3 meses, como lo mostró el laboratorio B, en comparación con los otros dos laboratorios evaluados.

BIBLIOGRAFÍA

- Arquez, J. 2000. *Tecnología Óptica*. México: Ediciones UPC, SL Alfaomega.
- Beltran, C. 2002. "Tratamiento antirreflejo". Tesis de grado. Facultad de Optometría. Universidad de la Salle. Bogotá.
- Freeman, M.H. 2003. *Optics*. London: Butterworth-Heinemann.
- Hecht, Z. 1986. *Óptica*. México: Addison-Wesley Iberoamericana.

- Tecni Lens Folleto Comercial, Informe N° 11. 1999.
- Satis Vacuum Deutschland GMBH 2002. Folleto comercial calidad capa antirreflejo
- Schwartz, S. 2002. *Geometrical and Visual Optics*. Curso de Física Óptica. 1973. Interferencia: bonfiglioli Guido.
- Keating, M. 2002. Optics Clinics.