

Transmisión de la luz de las lámparas de fotocurado monowave y polywave a través de cerámicas traslúcidas y cementos resinosos.

Light transmission of monowave and polywave curing lamps through translucent ceramics and resinous cements.

Gabriela Alejandra Llusca Villamil. Odontóloga, Universidad de las Américas. Residente de Rehabilitación Oral, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia, ga_lluscav@javeriana.edu.co

Lidia Melissa Bravo García. Odontóloga, Universidad de Panamá. Residente de Rehabilitación Oral, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia, bravoglmelissa@javeriana.edu.co

Juan Carlos Salcedo Reyes. Físico, Maestría en Ciencias, especialidad en física, Universidad Nacional de Colombia. Doctorado en Física del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, Ciudad de México. Profesor Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia, salcedo.juan@javeriana.edu.co

Luis Eduardo Luna Ángel. Odontólogo, Pontificia Universidad Javeriana. Especialista en Prostodoncia Universidad El Bosque. Maestría en Biofísica, Profesor Facultad de Odontología, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia, lluna@javeriana.edu.co

Adriana Rodríguez-Ciodaro. Bacterióloga, Magister en Microbiología. Profesora Centro de Investigaciones Odontológicas, Facultad de Odontología, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. arodrig@javeriana.edu.co

Titulillo: Transmisión de luz de lámparas de fotocurado a través de cerámicas traslúcidas y cementos resinosos.

RESUMEN

Antecedentes: La transmisión incompleta de la luz de las lámparas de fotocurado a través de láminas cerámicas de distintos grosores y opacidades más la adición de un cemento resinoso pueden afectar el grado de adhesión de las carillas cerámicas al sustrato dental o traer como consecuencias la pérdida de propiedades fisicoquímicas del cemento, formación de caries secundarias, cambios de color y sensibilidad postoperatoria. **Objetivo:** Determinar el espectro de transmisión de luz emitido por dos lámparas de fotocurado en una cerámica de disilicato de litio traslúcida y un cemento resinoso. **Métodos:** Se realizó un estudio experimental *in vitro*, en el cual se prepararon 24 láminas de disilicato de litio de alta (HT) y mediana (MT) traslucidez con grosores de 0,7 mm y 1 mm y dimensiones de 1 cm x 1 cm. A través de un espectrofotómetro se determinó la longitud de onda de mayores picos de absorbancia de luz en las láminas HT y MT en relación con la longitud de onda que emiten la lámpara de fotocurado monowave Elipar™ DeepCure de 3M (Elipar) y la lámpara polywave Valo Grand de Ultradent (Valo). Se midió el espectro de transmisión de luz de las láminas sin cemento mediante un espectrofotómetro. Posterior al proceso de cementación con cemento resinoso de fotocurado RelyX™ Veneer (RelyX) y la otra mitad con Variolink Esthetic LC (Variolink) se analizó nuevamente la transmisión de luz. **Resultados:** El rango de transmitancia de luz en las láminas HT y MT oscila entre 360 a 480 nm, el cual tiene concordancia con los rangos de emisión de las lámparas monowave y polywave. El mayor pico de absorbancia de luz en las láminas HT es de 340 nm y en las MT de 345 nm, por lo

que parte del espectro de absorbancia de las muestras coincide con el rango de emisión de las lámparas de fotocurado y por ende disminuyen los niveles de transmitancia de luz. La intensidad y transmitancia de la luz disminuyen exponencialmente a medida que aumenta el grosor y opacidad de las láminas. La lámpara monowave Elipar generó mayores niveles de transmitancia en comparación con la lámpara polywave Valo y las láminas de alta traslucidez (HT) transmitieron mayor cantidad luz en ambas lámparas comparadas con las de mediana traslucidez (MT). El cemento Variolink Esthetic LC presentó valores mayores de transmitancia de luz de ambas lámparas para las láminas HT y MT. **Conclusiones:** Las láminas cerámicas presentan picos de absorbancia de luz que interfieren con los rangos de emisión de luz de las lámparas de fotocurado, lo que ocasiona que la transmitancia de luz disminuya. La coincidencia de la longitud de onda emitida por una lámpara de fotocurado con el rango de absorción del fotoiniciador del cemento es crítica para una adecuada fotopolimerización, sin embargo, el cemento de fotocurado también debe permitir que se transmita la luz para que esta pueda llegar al adhesivo colocado en el diente y así lograr un eficaz proceso adhesivo. El factor que más interfiere con la intensidad y transmitancia de luz es la opacidad de las láminas cerámicas independientemente de su grosor, por lo que en casos de mayor opacidad es importante escoger una lámpara que brinde una mayor intensidad de luz y rango de longitud de onda.

Palabras clave

absorbancia; cemento resinoso; cerámicas traslúcidas; lámpara de fotocurado; transmisión de luz.

Áreas temáticas

odontología; rehabilitación oral

ABSTRACT

Background: Incomplete transmission of light from curing lamps through ceramic veneers of different thicknesses and opacities plus the addition of a resinous cement can affect the degree of adhesion of ceramic veneers to the dental substrate or result in the loss of physicochemical properties of cement, formation of secondary caries, color changes and postoperative sensitivity.

Purpose: Determine the light transmission spectrum emitted by two photocuring lamps in a translucent lithium disilicate ceramic and a resinous cement. **Methods:** An experimental *in vitro* study was carried out, in which 24 lithium disilicate veneers of high (HT) and medium (MT) translucency with thicknesses of 0.7 mm and 1 mm and dimensions of 1 cm x 1 cm were analyzed. Using a spectrophotometer, it was determined at which wavelength there are higher light absorbance peaks in the HT and MT veneers in relation to the wavelength emitted by the 3M Elipar™ DeepCure monowave light curing lamp (Elipar) and the Ultradent Valo Grand polywave lamp (Valo). The light transmission spectrum of the cementless veneers was measured using a spectrophotometer. Then the light transmission of the ceramic veneers was analyzed again, half of which were cemented with RelyX™ Veneer light-curing resin cement (RelyX) and the other half with Variolink Esthetic LC resin cement (Variolink). **Results:** The light transmittance range of the HT and MT veneers ranges from 360 to 480 nm, which is in agreement with the emission ranges of the monowave and polywave lamps. The highest peak of light absorbance in the HT veneers is 340 nm and in the MT veneers is 345 nm, so part of the absorbance spectrum of the samples coincides with the emission range of the light curing lamps and therefore the light transmittance levels decrease. Light intensity and transmittance decrease exponentially as the thickness and opacity of the veneers increase. The Elipar monowave lamp generated higher transmittance levels

compared to the Valo polywave lamp and the high translucency (HT) veneers transmitted more light in both lamps compared to the medium translucency (MT) veneers. Variolink Esthetic LC cement presented higher light transmittance values for both HT and MT veneers. **Conclusions:** Ceramic veneers exhibit light absorbance peaks that interfere with the light emission ranges of light curing lamps, causing the light transmittance to decrease. Matching the wavelength emitted by a curing light to the absorption range of the cement's photoinitiator is critical for proper light curing, however, the curing cement must also allow light to be transmitted so that it can reach the adhesive placed on the tooth for an effective bonding process. The factor that most interferes with light intensity and transmittance is the opacity of the ceramic veneers regardless of their thickness, so in cases of higher opacity it is important to choose a lamp that provides a higher light intensity and wavelength range.

Keywords

absorbance; resinous cement; translucent ceramics; light-curing lamp; light transmission

Thematic fields

dentistry; oral rehabilitation

INTRODUCCIÓN

Los dientes naturales tienen propiedades de translucidez, opalescencia y fluorescencia, los cuales deben ser replicados por materiales restauradores para lograr el éxito clínico (1). Las carillas cerámicas han sido tratamientos estéticos populares desde sus inicios para corregir el color, la forma y la posición de los dientes (2).

Uno de los materiales restauradores indicados para la fabricación de carillas es el disilicato de litio; una vitrocerámica compuesta de sílice, dióxido de litio, alúmina, óxido de potasio y pentóxido de fósforo. Este material se usa en espesores desde 0,3 mm hasta 2 mm, lo cual permite realizar preparaciones dentales mínimamente invasivas hasta poder ser utilizados para coronas completas o prótesis fijas de tres unidades (3-5).

El disilicato de litio presenta una excelente biocompatibilidad, altas propiedades mecánicas y muy buenas características estéticas como la translucidez. Posee diferentes gamas de translucidez, desde altamente translúcida hasta altamente opaca, convirtiéndolo en una buena opción para simular la apariencia natural del diente o enmascarar la decoloración severa del mismo (2, 6).

La tasa de supervivencia de un tratamiento rehabilitador con carillas en disilicato de litio depende en gran proporción de la técnica de cementación adhesiva realizada por el clínico (6). Teniendo una probabilidad de supervivencia del 98 % a los 5 años, del 95 % a los 10 años, del 91 % a los 15 y del 87 % a los 20 años, lo que indica una tasa de fracaso clínico muy baja (7).

Las restauraciones cerámicas se adhieren al sustrato dental por medio de cementos resinosos, los cuales son materiales derivados de las resinas compuestas. Conformados por una matriz orgánica de resina como el bisfenol-A-diglycidiléter dimetacrilato (BisGMA) o metacrilato de uretano, con monómeros aromáticos o alifáticos; esta es la fase donde se dispersa el relleno y brinda características físico-mecánicas importantes como la viscosidad y el grado de conversión. De igual manera, los cementos resinosos presentan otro monómero llamado trietilenglicol dimetacrilato (TEGDMA) usado como un diluyente, ya que su viscosidad es más baja. La parte inorgánica está constituida por relleno de partículas finas de zirconia/sílice y vapor de sílice para impartir

radiopacidad, resistencia y fuerza adhesiva. Los cementos presentan otros componentes adicionales importantes como iniciadores, pigmentos y conservantes (8). Los cementos se pueden clasificar dependiendo de su sistema de activación/iniciación para ser polimerizados como: activación química, activación por luz o curado dual. La literatura describe que el sistema adecuado para cementar carillas cerámicas es el cemento de activación por luz (fotocurado), estos son sistemas de un solo componente utilizados en procedimientos adhesivos de restauraciones con grosores menores de 2 mm, para que se permita una adecuada transmisión de la luz durante el proceso de activación y polimerización. Estos cementos, como su nombre lo indica son activados por luz mediante fotoiniciadores tipo I (no necesitan un co-iniciador) como óxido trimetilfosfínico (TPO), benzoil germanio (Ivocerin) y tipo II como la canforquinona (CQ) que necesita aminas terciarias como co-iniciador (9).

La fotopolimerización es una reacción química que se presenta cuando el cemento resinoso es activado por la luz, generando un proceso de iniciación donde las moléculas de los monómeros integrados en la matriz orgánica del agente cementante reaccionan para formar cadenas poliméricas tridimensionales y por lo tanto polimerizarlo (10).

El proceso de fotopolimerización de materiales resinosos a base de metacrilato consta de 3 etapas: Iniciación: en donde el radical libre liberado rompe los enlaces dobles presentes en la estructura monomérica uniéndose con otro monómero a través de enlaces simples. Propagación: cuando ocurre un crecimiento continuo de la cadena polimérica y se involucran cada vez más monómeros, y finalmente, la terminación: cuando finaliza el crecimiento de dicha cadena. Este proceso determina el grado de conversión del material, es decir el porcentaje de monómeros que pudieron unirse y transformarse en polímeros. Normalmente, los materiales a base de Bis-GMA presentan conversiones finales de doble enlace entre 55 % hasta 75 % (11).

Investigaciones han explicado que la conversión incompleta de monómero a polímero de un material puede afectar las propiedades fisicoquímicas del mismo, como la resistencia, la rigidez, la absorción de agua, la biocompatibilidad y la estabilidad del color. También se ha reportado que la sensibilidad postoperatoria es una posible consecuencia de la polimerización inadecuada del cemento de resina (12).

El uso de cementos resinosos fotopolimerizables presenta como principales ventajas un mayor tiempo de trabajo clínico, mayor fluidez y grado de escurrimiento y, estabilidad de color a largo plazo al no poseer aminas terciarias. Esta última característica los hace ideales para ser usados en restauraciones anteriores y que no cambien de color con el tiempo. De igual manera estos cementos están indicados para carillas con espesores delgados que permiten el paso de la luz promoviendo la activación del cemento (13-14).

Por otro lado, la transmitancia óptica se define como la cantidad de luz que atraviesa un cuerpo en una determinada longitud de onda. Cuando un haz de luz incide sobre un cuerpo traslúcido, una parte de esa luz es absorbida por el mismo, y otra fracción de ese haz de luz atravesará el cuerpo, según su transmitancia. A mayor cantidad de luz absorbida por el cuerpo, menor cantidad de luz será transmitida. La espectrofotometría se usa para medir la absorbancia de un material. Para esto se debe hacer incidir un haz de luz con determinada intensidad y longitud de onda a través de la muestra, y se mide la luz transmitida al otro lado. La transmitancia dependerá directamente del grosor y la opacidad del material (15).

La espectrofotometría se basa en la Ley de Lambert-Beer, la cual establece que una fracción de luz absorbida por un medio transparente o translúcido es independiente a la intensidad de luz incidente, cada capa sucesiva de la muestra (en este caso mayor grosor del material), absorbe una fracción igual de la luz que pasa a través de ella y esto ocasiona una caída exponencial de la intensidad de luz a medida que pasa por la muestra (16).

Independientemente del grosor de la lámina cerámica, es importante que la lámpara de fotocurado utilizada en el proceso adhesivo genere la energía e intensidad de luz adecuada, con una longitud de onda dentro del rango de absorbancia de los fotoiniciadores dentro del material cementante. Adicionalmente, el tiempo de irradiación debe ser adecuado, para que la luz pueda pasar por medio de la cerámica, el cemento y finalmente llegar al adhesivo y al sustrato dental, obteniendo así un correcto proceso adhesivo (17).

En el mercado existen diferentes lámparas LED de fotocurado, las cuales tienen diferentes longitudes de onda, por ejemplo, las lámparas monowave actúan en un solo rango de longitud de onda entre 430 nm y 480 nm, emiten la luz en el espectro azul activando principalmente iniciadores como la canforoquinona. Por otro lado, las lámparas polywave cubren dos longitudes de onda dentro de un rango de 385 nm hasta 515 nm, emiten la luz en el espectro azul, violeta y ultravioleta, abarcando todos los fotoiniciadores existentes. Muchas casas comerciales no indican que fotoiniciadores presentan sus materiales, siendo esta una gran problemática al momento de elegir la lámpara de fotocurado y así obtener una correcta polimerización (17-18).

Los fotoiniciadores tienen diferentes espectros de absorción de luz, el fotoiniciador más conocido y utilizado es la canforoquinona (CQ) con un espectro de absorción ente 425 nm a 495 nm aproximadamente y el pico de absorción de 468 nm. Existen otros tipos de fotoiniciadores como la lucerina TPO (óxido de 2, 4, 6 – trimetilbenzoildifenilfosfina) el cual posee un espectro de absorbancia entre 375 nm a 410 nm y pico en 400 nm. El PPD (1-fenil-1,2 propanodiona) presenta valores de absorción en la región azul, entre 390 nm a 460 nm y pico en 420 nm. El fotoiniciador llamado Ivocerin, es un derivado de dibenzil germanio, proporciona un espectro más amplio de absorción de onda corta, está patentado por la casa comercial Ivoclar Vivadent, y su espectro se encuentra en un rango de 380 nm a 445 nm con pico en 420 nm (19).

La cerámica dental absorbe del 40 % al 50 % de la luz que genera la lámpara de fotocurado. Por lo tanto, a medida que aumenta el grosor de la cerámica se requieren mayores tiempos de exposición e intensidad de luz para un curado adecuado de los agentes cementantes. Existe la posibilidad de una polimerización incompleta debido a la atenuación de la luz causada por la opacidad del material, el grosor de la restauración y del cemento (20).

Cuanto más delgado es el material cerámico, mayor es el grado de conversión del cemento resinoso. Un grosor superior a 1,0 mm reduce drásticamente el grado de conversión de los cementos resinosos de curado dual o fotopolimerizables (17). También se ha descrito que después de la aplicación de un cemento resinoso en una cerámica translúcida de disilicato de litio, la translucidez se ve disminuida cuando el espesor aumenta. Se ha demostrado que a medida que aumentan los grosores de la cerámica más la adición de una capa de cemento y adhesivo, la restauración podría desadaptarse, debido a que la luz no se transmite por completo a lo largo de las interfases adhesivas: cerámica - cemento de resina, cemento de resina - capa de adhesivo y adhesivo – esmalte o dentina (21-22).

Debido a todo lo expuesto, para lograr un rendimiento clínico óptimo, una carilla cerámica se debe unir al esmalte con cemento resinoso bien polimerizado, por ello se deben conocer las propiedades como intensidad de luz y longitud de onda que maneje la lámpara de fotocurado a elección. De igual manera es importante la relación entre la longitud de onda emitida por las lámparas de fotocurado con el rango de absorción del fotoiniciador presente en el cemento utilizado (22).

Factores como el espesor y la traslucidez de la cerámica pueden afectar la polimerización del cemento de resina. En un cuerpo traslúcido, la luz es difundida en todas las direcciones y el paso de ésta en un material cerámico como el disilicato de litio, puede verse comprometido por el color, tipo y grosor del material, grado de traslucidez, textura de la superficie y cemento usado en el proceso adhesivo (23).

Existen muchas interrogantes acerca del grado de polimerización de los cementos y por ende, de adhesión de las carillas al sustrato dental y de cuanta luz realmente se transmite a través de las láminas cerámicas para llegar al cemento y al diente; esto genera que se manejen diferentes posturas y protocolos clínicos al momento de cementar una carilla, desencadenando posibles problemas clínicos por la polimerización deficiente del cemento de resina tales como la pérdida de las propiedades físicas y mecánicas del cemento, la formación de caries secundarias, cambios de color, sensibilidad post operatoria por presencia de monómeros residuales en dentina y desalajo de la restauración (25, 26, 27).

Por esta razón, el objetivo de este estudio fue determinar el espectro de transmisión de luz emitido por dos lámparas de fotocurado en una cerámica de disilicato de litio traslúcida y un cemento resinoso.

MATERIALES Y MÉTODOS

Previa aprobación del Comité de Investigación y Ética de la Facultad de Odontología de la Pontificia Universidad Javeriana, se efectuó un estudio experimental *in vitro*.

Elaboración de especímenes: Se realizaron 24 láminas de disilicato de litio con dimensiones de 1 cm x 1 cm y espesores de 0,7 mm para la mitad de la muestra y 1 mm para la otra mitad. Las láminas fueron diseñadas digitalmente en el software Meshmixer con los grosores y medidas mencionadas para obtener un archivo STL. En el software inLab CAM se posicionaron los diseños y con la fresadora (inLab MC X5) se fresaron las láminas en cera calcinable con refuerzo polimérico (VITA CAD-Wax). A estos patrones de cera fresados, se les agregó un bebedero individual y fueron montados en un anillo de revestimiento. Se realizó el revestimiento con BellaVest seguido del proceso de cera perdida en el horno. Finalmente, se efectuó la técnica de inyección con calor, utilizando pastillas de cerámica vítrea de disilicato de litio (IPS e.max Press) en tonalidad A1. La mitad de la muestra fue inyectada con cerámica de alta traslucidez (HT) y la otra mitad con cerámica de mediana traslucidez (MT) para cada espesor mencionado.

Terminado el proceso de inyección, se limpiaron las láminas, retirando el revestimiento con partículas de óxido de aluminio de 50 μm a 2 bares de presión. Para terminar de limpiar y retirar la capa de reacción de las superficies de las láminas, se colocaron en ultrasonido durante 10 minutos en ácido (IPS e.max Press Invex) y otros 10 minutos en agua destilada. Finalmente, las láminas fueron acabadas y pulidas a mano y se rectificó el grosor de cada una de las muestras con un micrómetro digital, asegurando y garantizando las dimensiones de las muestras.

En este estudio se utilizaron 2 lámparas de fotocurado: una lámpara de onda múltiple (polywave) Valo Grand de Ultradent y una lámpara de onda única (monowave) Elipar DeepCure de 3M. Para verificar que las dos lámparas de fotocurado estuvieran generando la intensidad lumínica indicada por el fabricante y así lograr un óptimo proceso de polimerización, se utilizó el dispositivo de BlueLight Analytics llamado checkMARC™, radiómetro miniaturizado portátil que mide la intensidad de luz de las lámparas de fotocurado reflejadas en mW/cm^2 , donde la punta de cada lámpara se colocó a 0 mm de sensor del dispositivo. Los resultados fueron enviados a un dispositivo móvil (28).

Por otro lado, para medir el rango de emisión de longitud de onda (nm) de ambas lámparas, se utilizó el espectrofotómetro (OceanOptics modelo QE65000). Las mediciones se realizaron en el Departamento de Física, de la Facultad de Ciencias de la Pontificia Universidad Javeriana, en un cuarto oscuro con la finalidad de que la luz ambiental no interfiriera con las lámparas utilizadas.

Medición de longitud de onda de absorbancia de las láminas cerámicas

Se determinó la longitud de onda con la que más interactúan las láminas de alta traslucidez (HT) y de mediana traslucidez (MT), es decir, la absorbancia. Se determinó si el pico máximo de absorbancia de las láminas interfiere con el rango de emisión de las 2 lámparas de fotocurado y de acuerdo a esto se analizó cuanta luz se transmite. Se utilizó un fotoespectrómetro monocromático, patentado por el grupo de Películas Delgadas y Nanofotónica del Departamento de Física de la Facultad de Ciencias de la Pontificia Universidad Javeriana. Este fotoespectrómetro es un instrumento que proyecta un haz recto de luz monocromática mediante una lámpara de deuterio que emite luz en el espectro ultravioleta (UV) a una longitud de onda que se preestableció entre 300 nm a 480 nm para así medir la cantidad de luz que es absorbida por las muestras. La luz emitida por la lámpara pasa a través de un colimador y un lente, luego este haz de luz atraviesa la muestra colocada en un soporte, llegando así al monocromador. Los datos obtenidos se analizaron usando el software Origin 6.0, Microcal Software Inc, obteniendo el registro de las alturas de los picos de absorción.

El análisis de las muestras se dividió en 4 grupos de la siguiente manera:

- 6 láminas HT de 0,7 mm
- 6 láminas HT de 1,0 mm
- 6 láminas MT de 0,7 mm
- 6 láminas MT de 1,0 mm

La transmitancia (T) de una muestra es calculada mediante la ecuación 1.1:

$$T = \frac{I}{I_0} \quad (1.1)$$

Donde I_0 es la intensidad de luz incidente (lámpara sola), I es la intensidad de luz después de atravesar la muestra.

En primer lugar, se obtuvo el espectro de la lámpara de deuterio sin muestra (I_0) realizando 3 mediciones y sacando un valor promedio. Seguido de esto, se colocaron una a una las muestras según los 4 grupos mencionados y se realizaron 3 mediciones por lámina (I), obteniendo un valor

promedio. Con el valor promedio de I y de I_0 , se aplicó la ecuación 1.1 para sacar la transmitancia de cada lámina. Luego, se realizó un promedio total de la transmitancia de las 6 láminas por grupo y se obtuvo la gráfica de la transmitancia total cada grupo. A estos datos se les aplicó la ecuación 1.2 para obtener la absorbancia (A) total de cada grupo y determinar su pico mayor.

$$A = \text{Log} \left(\frac{1}{T} \right) = -\text{Log} (T) \quad (1.2)$$

Donde la absorbancia será igual al logaritmo con signo cambiado de la transmitancia.

Medición de la intensidad de luz en láminas cerámicas

Para conocer la cantidad de luz que atraviesa cada lámina en función de su grosor y opacidad, se utilizó el espectrofotómetro (OceanOptics modelo QE65000), el cual actúa dentro del intervalo total de luz visible (400 nm a 700 nm). Esto se realizó midiendo la intensidad del haz de luz emitida por las lámparas de fotocurado al atravesar las láminas en el siguiente orden de grupos:

- Valo Grand: Láminas HT - Láminas MT
- Elipar™ DeepCure: Láminas HT - Láminas MT.

Láminas sin cemento: La espectrometría se basa en la Ley de Lambert-Beer, la cual refiere que cuando un rayo de luz pasa a través de un medio absorbente, su intensidad disminuye con el aumento de la longitud (grosor) y concentración (opacidad) del medio absorbente y se expresa matemáticamente con la ecuación 1.3 (16):

$$I = I_0 e^{-\alpha l} \quad (1.3)$$

Donde I será la intensidad transmitida en las láminas. I_0 es la intensidad de luz incidente (valor que se obtuvo midiendo cada lámpara sola). α es un valor constante del material y l es la longitud del camino que la luz debe recorrer (grosor de la lámina). La constante α es proporcional a la opacidad del material y es intrínseca del material (16).

La espectrometría basada en la Ley de Lambert-Beer mantiene un comportamiento lineal de acuerdo al grosor del material, por lo tanto, se realizó la espectrofotometría de 2 grosores adicionales a las láminas sin cemento de 0,7 mm y 1,0 mm. Se añadieron dos grosores de 1,4 mm y 1,7 mm uniendo dos láminas ya existentes. Esto se realizó solamente con el fin de obtener la gráfica exponencial del comportamiento de la intensidad – grosor, ya que, con solo dos datos de medición, se obtiene una línea recta.

Se realizó el montaje de cada lámpara de fotocurado en un soporte manteniéndolas en la misma posición y a la misma distancia durante todas las pruebas. Se activó cada lámpara durante 20 segundos y se registraron las mediciones de intensidad en las láminas de los 4 grosores y opacidades mencionados anteriormente. Los datos obtenidos fueron transferidos al software OceanView y analizados en el software Origin 6.0. Para la lámpara polywave Valo se analizaron los 2 picos de emisión (mayor y menor).

Se realizaron las gráficas correspondientes de la intensidad de luz irradiada en función de los grosores, las cuales tienen un comportamiento exponencial que deben corresponder con la

ecuación 1.3. Para determinar esta relación funcional se cambió el eje vertical de las gráficas a un eje semilogarítmico y se realizó un ajuste lineal para determinar la pendiente, en este caso el valor de α en todos los grupos. Ya obtenidos los datos se aplicó la ecuación 1.3 y se graficaron los datos de intensidad en función de los grosores junto con la ecuación de la relación funcional.

Para calcular la transmitancia de las láminas, de acuerdo con la ecuación 1.3 y la ecuación 1.1, se realiza el cambio de variable y se obtiene la ecuación 1.4.

$$\begin{aligned}\frac{I}{I_0} &= e^{-\alpha l} \\ T &= e^{-\alpha l}\end{aligned}\tag{1.4}$$

Láminas con cemento: Se realizó la cementación de las láminas cerámicas de 0,7 mm y 1 mm. A todas las muestras se les realizó un tratamiento de superficie con ácido fluorhídrico al 9 % durante 20 s y se lavó con chorro de aire-agua profusamente durante 30s. Seguidamente se aplicó ácido fosfórico al 35% durante 1 minuto para eliminar la capa de residuos de exafluorurofosfato, se lavó profusamente, se secaron y se les aplicó una capa de silano dejándolo actuar de 3 a 4 minutos.

Se fabricaron previamente marcos de asentamiento fabricados en Naylon (poliamida 12) mediante impresión aditiva 3D, los cuales tienen en su interior las dimensiones de las láminas cerámicas con profundidades de 0,7 mm y otros de 1,0 mm para que las láminas cerámicas correspondientes asienten sobre estos marcos y queden adaptadas.

Se utilizaron 2 cementos de fotocurado: RelyXTM Vener de 3M con opacidad traslúcido para la mitad de las muestras y Variolink Esthetic LC de Ivoclar Vivadent con opacidad neutral para la otra mitad. Sobre un portaobjeto se colocaron los marcos de asentamiento, se colocó una capa de cemento en cada lámina asentándolas con presión digital sobre el marco, se limpiaron los excesos y se fotopolimerizó durante 20 segundos.

Finalmente, se colocaron las láminas con cemento una a una en el montaje para realizar la espectrofotometría con cada lámpara de fotocurado.

Transmitancia

Para calcular la transmitancia de las láminas HT y MT sin cemento con lámpara monowave y polywave se tuvo en cuenta la ecuación 1.4. Se realizaron las gráficas finales y se determinó un porcentaje promedio de las transmitancias de cada grupo. Este análisis se realizó solamente en las láminas sin cemento ya que como se mencionó, la Ley de Lambert-Beer analiza la transmitancia inherente al material y a su grosor solamente.

Para determinar la transmitancia de las láminas con cemento se tuvo en cuenta la ecuación 1.1.

RESULTADOS

En la tabla 1 se muestra el valor de la intensidad lumínica de las lámparas de fotocurado indicada por su respectivo fabricante y los obtenidos con el dispositivo checkMARCTM. Se muestran los valores del rango de emisión de longitud de onda de las lámparas de fotocurado que indica cada fabricante y los obtenidos por medio del espectrofotómetro (OceanOptics modelo QE65000).

Tabla 1. Comprobación de la intensidad lumínica y el rango de emisión de las lámparas de fotocurado.

Lámpara	Intensidad lumínica indicada por el fabricante (-10% + 20%) (mW/cm ²)	Intensidad lumínica medida con checkMARC. (mW/cm ²)	Rango de emisión indicado por el fabricante (nm)	Rango de emisión obtenido en este estudio (nm)
Valo Grand	1000	883	Pico menor: 385 - 415 Pico mayor: 440 - 515	Pico menor: 390 - 415 Pico mayor: 440 - 500
Elipar DeepCure	1470	1533	430 - 480	420 - 480

En la figura 1 se observan los espectros de emisión de las lámparas monowave y polywave obtenidos en este estudio. El pico de emisión máxima de la lámpara monowave Elipar es a los 450 nm y de la lámpara polywave Valo es de 460 nm para el pico mayor y 397 nm para el pico menor.

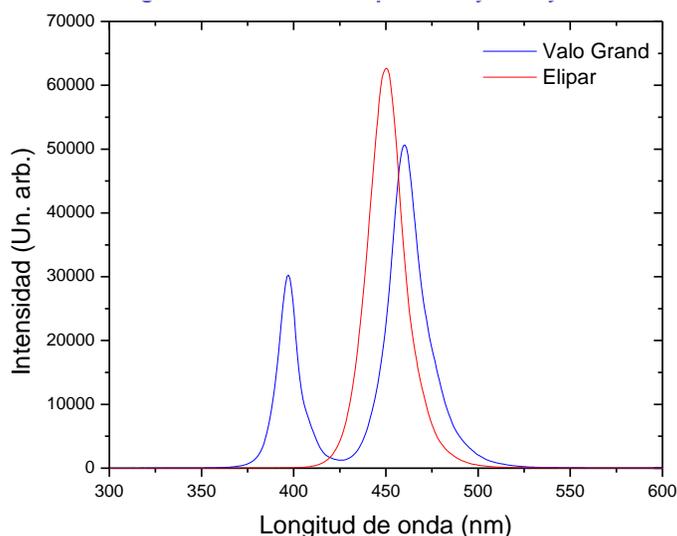


Figura 1. Espectro de emisión de las lámparas de fotocurado monowave y polywave.

De igual manera se estableció que de acuerdo con cada casa comercial, el cemento RelyX Veneer debe ser polimerizado en un rango de longitud de onda de 400 nm a 500 nm y el cemento Variolink LC de 370 nm a 460 nm; el rango de los dos cementos se encuentra dentro del rango de emisión de las lámparas de fotocurado monowave y polywave.

En la figura 2 se observa el espectro de transmitancia promedio de los 4 grupos de estudio, analizada con el espectrofotómetro monocromático y la lámpara de deuterio. El rango de transmitancia de todas las láminas osciló entre los 360 nm a 480 nm, el cual tiene concordancia

con los rangos de emisión de ambas lámparas de fotocurado. Se observa la disminución de transmisión de luz a medida que aumenta el grosor y la opacidad de las láminas.

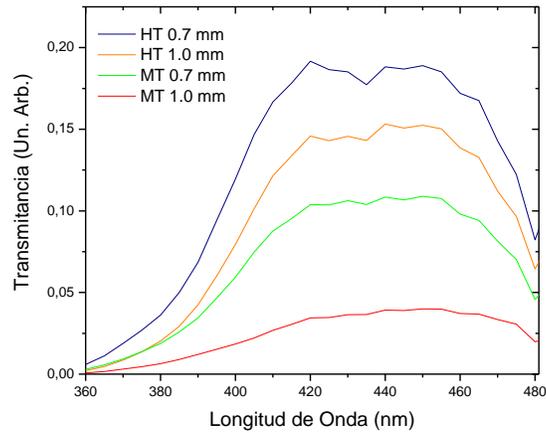


Figura 2. Espectro de transmitancia de láminas de alta traslucidez y de mediana traslucidez (360 nm a 480 nm).

Posteriormente, en estos datos se utilizó la ecuación 1.2 y como resultado se observa en la figura 3 el espectro de absorbancia de luz de estos grupos, que osciló entre 290 nm a 420 nm con un pico promedio en láminas de alta traslucidez (HT) de 340 nm y en láminas de mediana traslucidez (MT) de 345 nm, lo que indica que parte del espectro de absorbancia de las muestras coincide con el rango de emisión de las lámparas de fotocurado y por ende hay una disminución de los niveles de transmitancia de luz.

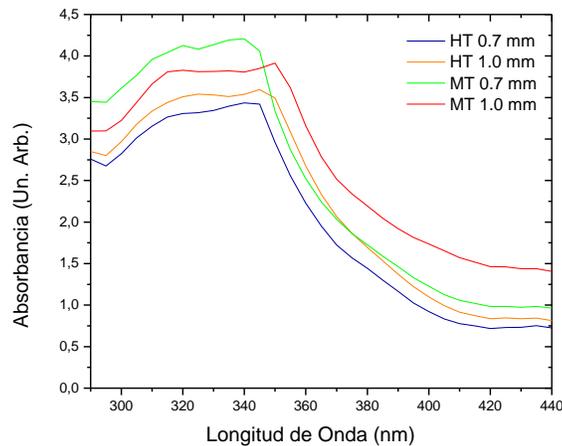


Figura 3. Espectro de absorbancia de láminas de alta y mediana traslucidez (290 nm a 420 nm) con un pico promedio en láminas de alta traslucidez de 340 nm y de mediana traslucidez de 345 nm.

Intensidad de luz en láminas cerámicas

La lámpara Valo tuvo una intensidad en su pico mayor de 50 653.12 cuentas y en su pico menor una intensidad de 30 267.12 cuentas. Por otro lado, la lámpara Elipar tuvo una intensidad máxima de 62 693.88 cuentas (tabla 2).

En la tabla 2 se observan los valores promedio de medición de intensidad resultante para las láminas sin cemento de los grosores mencionados para cada lámpara.

Tabla 2. Valores promedio de intensidad de luz en función del grosor. En la lámpara Valo Grand se midieron valores en su pico mayor (>) y pico menor (<). El valor en 0 mm representa el I_0 .

Grosor (mm)	Intensidad (cuentas)					
	Valo HT		Valo MT		Elipar HT	Elipar MT
	Pico >	Pico <	Pico >	Pico <		
0	50 653.12	30 267.12	50 653.12	30 267.12	62 693.88	62 693.88
0,7	24 709.12	5 156.12	17 614.25	3 996.25	36 108.25	29 329.25
1,0	16 490.12	4 045.12	12 928.5	2 805.5	28 603.5	22 005.38
1,4	9 505.5	2 014.5	7 410.5	1 506.5	16 235.25	12 135.62
1.7	8 533.5	1 988.5	5 599.5	1 021.5	12 975.62	9 223.12

En la figura 4 se muestran los valores promedio de intensidad de luz en función del grosor para cada grupo y se observa a manera general como la intensidad de luz disminuye a medida que aumenta el grosor y opacidad de las láminas.

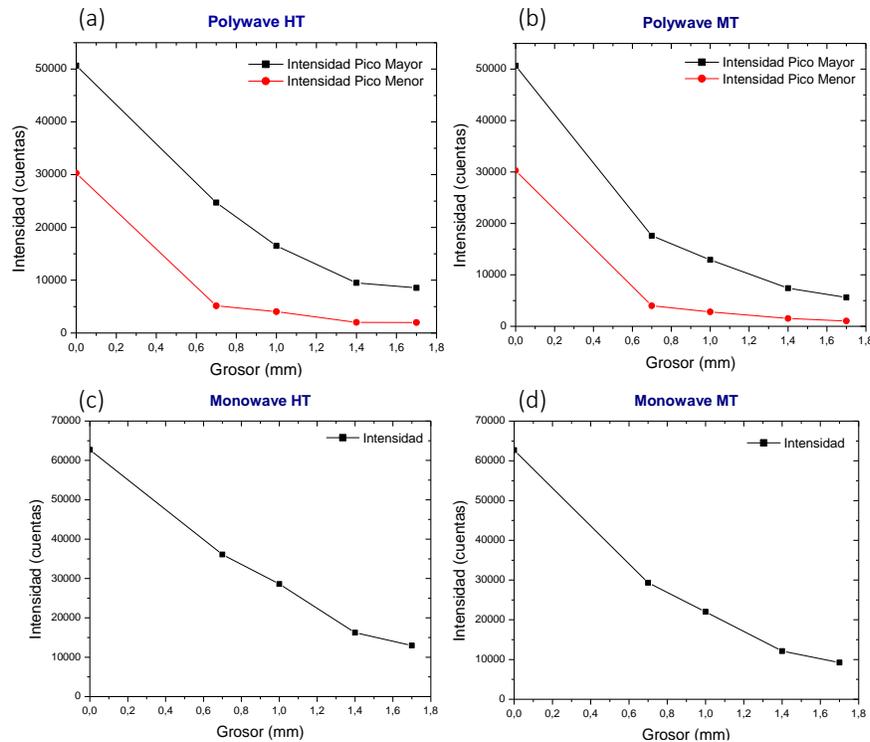


Figura 4. Intensidad de luz en función del grosor. a. Intensidad promedio en sus dos picos para lámina HT con lámpara Valo. b. Intensidad promedio en sus dos picos para lámina MT con lámpara Valo. c. Intensidad promedio lámina HT con lámpara Elipar. d. Intensidad promedio lámina MT con lámpara Elipar.

La lámpara monowave presentó mayores valores de intensidad de luz en todas las láminas en comparación de la lámpara polywave. Las láminas de mediana traslucidez captaron menor intensidad de luz comparadas con las láminas de alta traslucidez.

Para determinar la pendiente α de todos los grupos se modificó el eje vertical a un eje semilogarítmico y se realizó un ajuste lineal (figura 5).

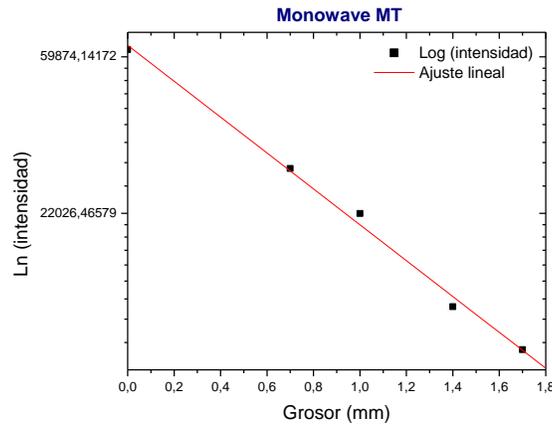


Figura 5: Ejemplo del Semilogaritmo y ajuste lineal de la intensidad de luz en función del grosor para determinar el valor de la constante α del material. Lámina MT con lámpara monowave Elipar donde el valor de la constante α fue -1.14616 .

Obtenidos estos datos se aplicó la ecuación 1.3 y en la figura 6 se muestra la intensidad de luz en función del grosor para cada grupo (que corresponden a los de la figura 4) junto con la ecuación de la relación funcional. Con esta ecuación se puede calcular la intensidad de luz que pasa por láminas de alta o mediana traslucidez con cualquier grosor que se requiera.

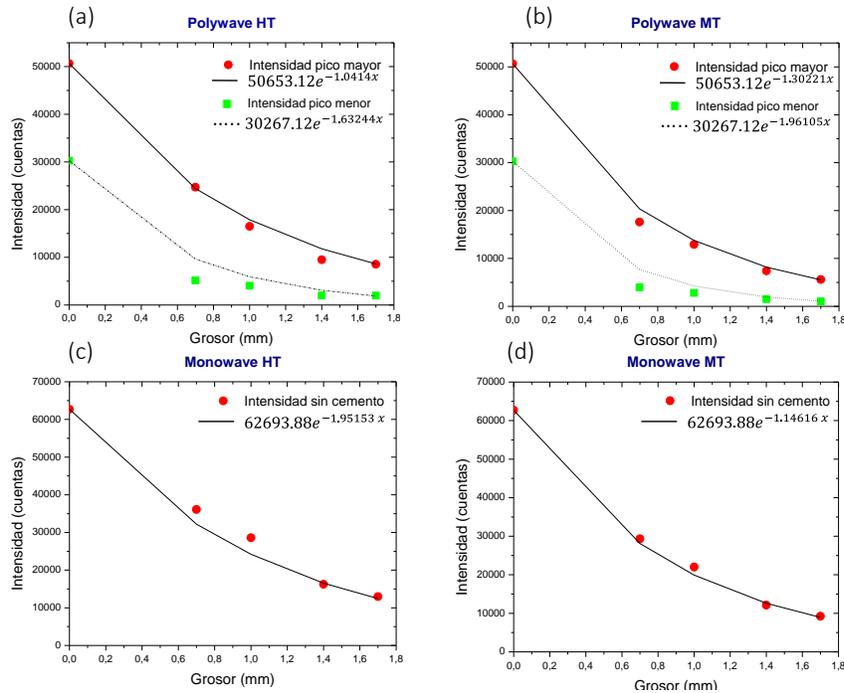


Figura 6. Intensidad de la luz en función del grosor con ecuación final de la relación funcional, donde x expresa el grosor de la lámina. a. Lámina HT con lámpara polywave Valo. b. Lámina MT con lámpara polywave Valo. c. Lámina HT con lámpara monowave Elipar. d. Lámina MT con lámpara monowave Elipar.

Finalmente, usando la ecuación 1.4 se obtuvo la transmitancia final de todos los grupos y su promedio, donde el 100 % corresponde a la transmitancia de las lámparas sin láminas (tabla 3).

Tabla 3. Transmitancia de luz en láminas de alta y de mediana traslucidez con lámpara monowave y polywave

Grosor (mm)	Transmitancia			
	Monowave HT	Monowave MT	Polywave HT	Polywave MT
0	1	1	1	1
0,7*	0,52372	0,44829	0,4824	0,4019
1,0*	0,39615	0,31785	0,35296	0,27193
1,4	0,26391	0,20097	0,23271	0,16153
1,7	0,19837	0,14249	0,17027	0,10929
Promedio (%)	0,3455 (35 %)	0,2774 (28 %)	0,3096 (31 %)	0,2362 (24 %)

La lámpara monowave Elipar generó mayores niveles de transmitancia en comparación con la lámpara polywave Valo y las láminas de alta traslucidez (HT) transmitieron mayor cantidad luz en ambas lámparas comparadas con las de mediana traslucidez (MT).

Se obtuvo el valor promedio de transmitancia de todos los grosores (tabla 3), sin embargo, el promedio de los grosores de interés en el estudio: 0,7 mm* y 1 mm*, fue para la lámpara monowave un 46 % en las láminas HT y un 38 % en las láminas MT. Por otro lado, la lámpara polywave transmitió luz en un 42 % en las láminas HT y un 34 % en MT en promedio de estos 2 grosores.

En la figura 7 se observa la disminución exponencial de la transmitancia a medida que aumenta el grosor y la opacidad de las láminas.

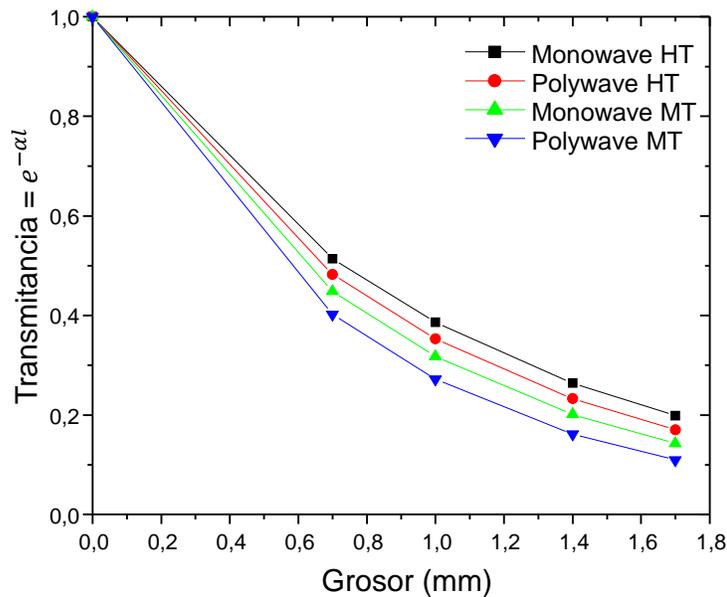


Figura 7. Transmitancia de luz en láminas de alta traslucidez y de mediana traslucidez con lámpara monowave y polywave.

En la tabla 4 se observan los resultados de intensidad de luz (I) obtenida en las láminas de grosores 0,7 mm y 1,0 mm con cementos resinosos.

Tabla 4. Intensidad de luz con lámparas de fotocurado en láminas HT y MT con cementos

Intensidad (cuentas)				
Grosor (mm)	Cemento RelyX Veener			
	Polywave		Monowave	
	<i>HT</i>	<i>MT</i>	<i>HT</i>	<i>MT</i>
0,7	13 290.62	13 114.12	22 856.62	22 124.12
1,0	10 914.25	8 900.12	17 260.5	15 674.62
Cemento Variolink Esthetic				
Grosor (mm)	Polywave		Monowave	
	<i>HT</i>	<i>MT</i>	<i>HT</i>	<i>MT</i>
0,7	19 005.62	14 490	32 169.12	26 107.25
1,0	13 978	10 442.12	24 196.12	18 912.75

En la tabla 5 se observa la transmitancia de luz de las lámparas de fotocurado monowave y polywave a las láminas con cemento en base a la ecuación 1.1 y su respectivo promedio, donde I_0 es el valor de intensidad de luz incidente de cada lámpara detallado en la tabla 3.

Tabla 5. Valores de transmitancia de luz de las lámparas de fotocurado en láminas HT y MT con cementos.

Transmitancia (I/I_0)				
Grosor (mm)	Cemento RelyX Veener			
	Polywave		Monowave	
	<i>HT</i>	<i>MT</i>	<i>HT</i>	<i>MT</i>
0,7	0,26239	0,2589	0,36457	0,35289
1,0	0,21547	0,17571	0,27531	0,25002
Promedio (%)	0,2389 (24 %)	0,2173 (22 %)	0,3199 (32 %)	0,30145 (30 %)
Cemento Variolink Esthetic				
Grosor (mm)	Polywave		Monowave	
	<i>HT</i>	<i>MT</i>	<i>HT</i>	<i>MT</i>
0,7	0,37521	0,28606	0,51311	0,41642
1,0	0,27596	0,20615	0,38594	0,30167
Promedio (%)	0,32558 (33 %)	0,24610 (25 %)	0,44952 (45 %)	0,3590 (36 %)

En la figura 8 se observa la transmisión de luz de las láminas cerámicas de 0,7 mm y 1 mm sin cemento y con cementos con lámparas monowave y polywave. El cemento RelyX presentó menores valores de transmitancia en todos los grupos, mientras que el cemento Variolink presentó valores de transmitancia similares a los de las láminas HT y MT sin cemento al usar la lámpara monowave Elipar.

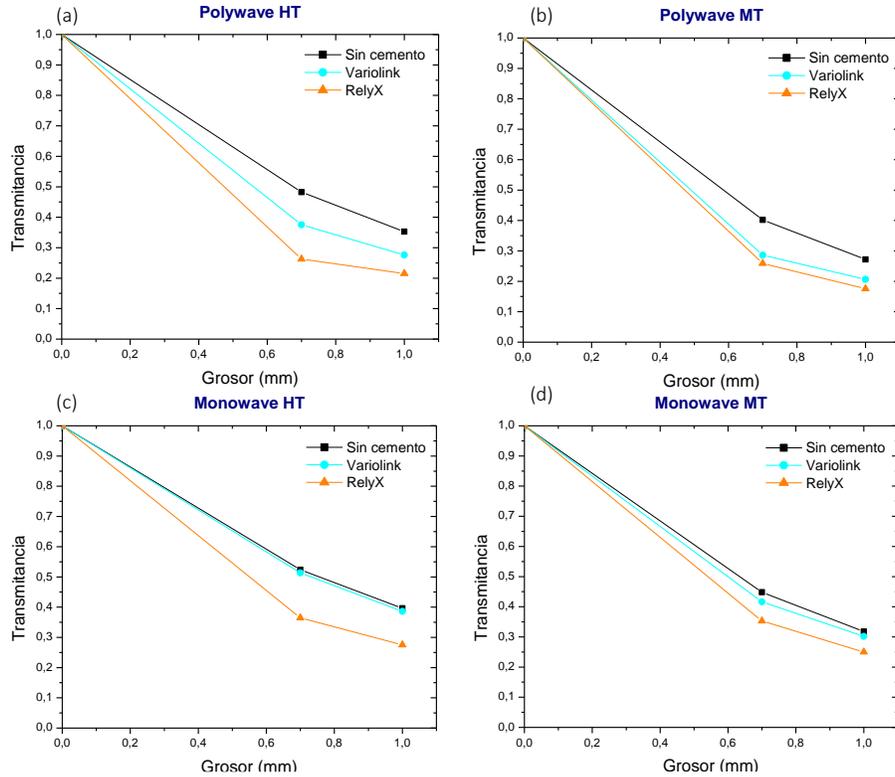


Figura 8. Transmisión de luz de lámparas monowave y polywave para láminas de grosores de 0,7 mm y 1 mm sin cemento y con cemento RelyX y Variolink en: a. láminas HT con lámpara polywave. b. láminas MT con lámpara polywave. c. láminas HT con lámpara monowave. d. láminas MT con lámpara monowave.

En la figura 9a se observa la transmitancia de luz de la lámpara polywave a los grosores 0,7 mm y 1 mm, donde el cemento Variolink obtuvo el mayor índice promedio de transmitancia en un 33 % para las láminas HT y 25 % para MT. Los valores de transmitancia del cemento RelyX disminuyeron a un promedio de 24 % para HT y 22 % para MT.

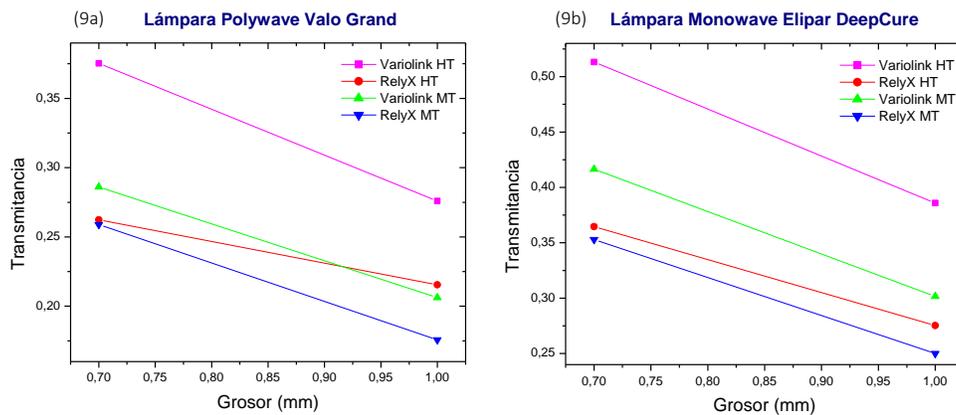


Figura 9a. Transmisión de luz de lámpara polywave a láminas cerámicas HT y MT con cementos Variolink y RelyX. b. Transmisión de luz de lámpara monowave a láminas cerámicas HT y MT con cementos Variolink y RelyX.

En la figura 9b se observa un mayor rango de transmitancia al usar la lámpara monowave en comparación con la polywave para ambos grosores. El cemento Variolink tuvo de igual manera el mayor índice promedio de transmitancia en un 45 % para las láminas HT y 36 % para MT. Los valores de transmitancia del cemento RelyX disminuyeron a un promedio de 32 % para HT y 30 % para MT.

DISCUSIÓN

En la práctica restauradora, están en auge las carillas cerámicas, las cuales prometen brindar al paciente una alta estética. Una de las cerámicas más utilizadas para este tipo de procedimiento es el disilicato de litio, el cual presenta excelentes características ópticas como la traslucidez. En este estudio se analizó el grado de absorbancia y transmisión de luz a través de láminas de disilicato de litio con diferentes espesores y a través de cementos resinosos de fotocurado indicados en los procedimientos clínicos. Se utilizaron diferentes lámparas de fotocurado con el propósito de identificar cual posee las características necesarias para garantizar que los protocolos adhesivos tengan éxito clínico a largo plazo.

Se ha estudiado que una transmisión incompleta de luz de las lámparas de fotocurado a través de carillas cerámicas con diferentes grosores y opacidades puede incurrir en varias consecuencias clínicas, por ello en este estudio se analiza el espectro de transmisión de luz de la cerámica y el cemento.

Debido a que el disilicato de litio es un material translúcido que puede absorber cierta cantidad de luz incidente y la otra parte de la luz atravesará el material según su transmitancia, se realizaron análisis de fotoespectrometría también utilizados en diversos estudios previamente (29 - 32), pudiendo así determinar el grado de la transmitancia de acuerdo con el grosor y la opacidad del material.

Las lámparas de fotocurado Valo y Elipar utilizadas en este estudio presentaban la intensidad lumínica recomendada por el fabricante (tabla 1) para evitar sesgos. Es de gran importancia comprobar la intensidad de luz ya que todas las lámparas de fotocurado tienen el potencial de degradarse con el uso y requieren supervisión y mantenimiento para garantizar un rendimiento predecible. También se comprobó que los rangos de emisión de las lámparas de fotocurado medidos en el laboratorio son similares a los indicados por el fabricante, teniendo la Valo rangos en el pico menor de 390 nm a 415 nm y el pico mayor de 440 nm a 500 nm en comparación con el fabricante que indica rangos en el pico menor de 385 nm a 415 nm y el pico mayor de 440 nm a 515 nm y para la Elipar los valores obtenidos fueron de 420 nm a 480 nm y lo recomendado por el fabricante es de 430 nm a 480 nm (18).

Como se ha mencionado, la variable de la absorción de intensidad de la luz por parte de la cerámica es una gran problemática ya que reduce la cantidad de luz que llega a la lámina cerámica, a la capa de cemento y al adhesivo, lo que repercute en la polimerización y, en consecuencia, en la calidad de la unión entre la restauración y el diente (33, 34). Se comprobó que el rango del espectro de transmitancia de láminas HT y MT se encuentra entre 360 nm a 480 nm (figura 2), el cual coincide con el espectro de emisión de las lámparas. En cuanto a el espectro de absorbancia (figura 3) de las láminas HT y MT sin agente cementante, se encuentra ente 290 nm a 420 nm con un pico promedio en láminas HT de 340 nm y en láminas MT de 345 nm, demostrando que los picos de absorbancia de las láminas se encuentran dentro del rango de emisión de luz de las lámparas de

fotocurado, interfiriendo así en que luz pueda transmitirse por completo, por lo tanto, se comprobó en posteriores análisis como la transmisión de luz disminuye.

La microestructura de los cristales cerámicos, incluido el volumen del cristal, el índice de refracción, el tamaño de partícula, la composición de relleno y matriz, naturaleza, forma y distribución del tamaño de partícula de las fases cristalinas afectan las propiedades ópticas de la cerámica (35, 36). Los estudios han demostrado que las cerámicas de vidrio de disilicato de litio tienen un mayor contenido de cristales en comparación con las cerámicas a base de leucita y las cerámicas feldespáticas. El contenido de cristales de las cerámicas de vidrio de disilicato de litio es de aproximadamente 65 % a 70 % (36). Cuanto mayor sea el contenido cristalino, más luz bloquearán los cristales y mayor será la atenuación de intensidad de luz (37). Por lo tanto, un alto contenido de cristales del disilicato de litio puede afectar las propiedades de polimerización del cemento de resina a través de las muestras de cerámica. Todos los grupos mostraron una intensidad de luz significativamente menor en las láminas cerámicas en comparación con el grupo de lámparas solas (grupo de control) (figura 4); la intensidad de luz en función del grosor fue disminuyendo exponencialmente a medida que el grosor aumentaba. Con respecto a la opacidad, en las láminas HT se evidenció una mayor intensidad de luz con respecto a las láminas MT. En general, los valores de intensidad de luz más bajos se transmitieron a través del disilicato de litio con cerámica de mediana traslucidez y espesor aumentado.

Con respecto a la transmitancia de las láminas sin cemento (figura 7), se pudo observar la disminución exponencial de la transmitancia a medida que aumentaba el grosor de las láminas y la opacidad. Al comparar las lámparas utilizadas, la lámpara Valo generó menor transmitancia en comparación a la lámpara Elipar, debido a que la lámpara monowave Elipar presenta una mayor intensidad de luz como se discutió inicialmente. Este fue un resultado esperado ya que las cerámicas más traslúcidas permitieron una mayor transmisión de luz y, en consecuencia, la energía total recibida fue mayor que la de las cerámicas menos traslúcidas. Estudios previos también demostraron que la traslucidez de la cerámica puede verse afectada por varios factores, como la microestructura, la textura, el espesor, el color y el agente de cementación (38 - 41).

Existe una estrecha relación entre la traslucidez y el grosor. Wang y otros (38), demostraron que la traslucidez de diferentes tipos de cerámica disminuía exponencialmente a medida que aumentaba el espesor. La cerámica altamente traslúcida se vería significativamente afectada por las variaciones de espesor, por lo tanto, se deben considerar ambos factores para lograr los mejores resultados estéticos y funcionales clínicamente (42).

Cuando se compara la transmitancia de las láminas con cemento resinoso de fotocurado, como es el caso de RelyXTM Veener y Variolink Esthetic con respecto a la transmitancia de láminas sin cemento (figura 8), se encontró que se disminuye aún más la transmitancia por la interposición del cemento. Estudios previos indican que estos resultados podrían deberse a la absorción o refracción de la luz (18, 43). Así, la transmitancia y una adecuada polimerización del cemento resinoso están correlacionadas, ya que la atenuación de la luz promovida por la colocación de un material cerámico comprometería las propiedades mecánicas del cemento resinoso (44).

Por último, se comparó la transmitancia de las láminas con cemento y las lámparas utilizadas, obteniendo que al colocar el cemento Variolink Esthetic se obtuvo una mayor transmitancia con ambas lámparas independientemente de la opacidad de las láminas a diferencia cuando se colocaba

RelyX Veener que tuvo una menor transmitancia. Por ende, la absorbancia del cemento es mayor en el RelyX Veener que en el Variolink Esthetic. Es importante que el cemento absorba luz en el rango de longitud de onda indicado por el fabricante para obtener un alto grado de conversión polimérico, sin embargo, se requiere que también exista transmisión de luz a través del cemento para que esta luz llegue al adhesivo colocado en la preparación dental y así obtener un óptimo proceso adhesivo entre carilla – cemento – diente. En esta investigación los dos cementos se comportaron de manera diferente ya que la reacción de polimerización está influenciada por la composición, el tipo de fotoiniciador y el contenido de partículas inorgánicas (45).

Para generar una buena polimerización del cemento es importante que el rango de absorción de los fotoiniciadores que presentan los cementos, estén dentro del rango que presenten las lámparas de fotocurado. El Ivocerin presente en el cemento Variolink Esthetic, es un fotoiniciador que tiene un rango de absorbancia entre 390 nm a 445 nm, rango que indica que con ambas lámparas puede ser activado. Por otra parte, el rango de absorbancia de la canforoquinona presente en el RelyX Veener es de 425 nm a 495 nm, indicando que actúa en el rango de la lámpara monowave y en el pico alto de la polywave confirmando este resultado con el artículo de Rueggeber y cols, donde se compara el rango de absorbancia de los fotoiniciadores (18).

En resumen, la traslucidez y el espesor de una cerámica de disilicato de litio tienen un impacto significativo en la transmisión de luz hacia el cemento de resina. La polimerización incompleta del cemento de resina puede disminuir las propiedades mecánicas y aumentar la absorción de agua del cemento de resina. En la práctica clínica, se debe tener cuidado con el aumento de la opacidad de la cerámica y el grosor porque la reducción de la transmisión de luz puede afectar negativamente al cemento de resina.

CONCLUSIONES

Las láminas cerámicas presentan picos de absorbancia de luz que interfieren con los rangos de emisión de luz de las lámparas de fotocurado, lo que ocasiona que la transmitancia de luz disminuya.

La coincidencia de la longitud de onda emitida por una lámpara de fotocurado con el rango de absorción del fotoiniciador del cemento es crítica para una adecuada fotopolimerización, sin embargo, el cemento de fotocurado también debe permitir que se transmita la luz para que esta pueda llegar al adhesivo colocado en el diente y así lograr un eficaz proceso adhesivo.

El factor que más interfiere con la intensidad y transmitancia de luz es la opacidad de las láminas cerámicas independientemente de su grosor, por lo que en casos de mayor opacidad es importante escoger una lámpara que brinde una mayor intensidad de luz y rango de longitud de onda.

RECOMENDACIONES

Es recomendable determinar el grado de polimerización que hubo en los cementos utilizados en el estudio para analizar la relación directa que hay entre el grado de absorción de luz de los cementos con el grado de conversión.

Con el uso de la ecuación basada en la Ley de Lambert-Beer, se puede calcular fácilmente cuanta intensidad de luz pasaría por láminas HT y MT del grosor que se requiera y de esta manera, determinar que lámpara es la más adecuada para esta intensidad resultante y así obtener mejores resultados clínicos en los protocolos adhesivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Villarroel M, Fahl N, De Sousa AM, De Oliveira OB. Direct esthetic restorations based on translucency and opacity of composite resins. *J Esthet Restor Dent*. 2011; 23(2):73–87.
2. Moghaddas MJ, Mohammadipour HS, Daluyi RA, Nia AJ. The Effect of Lithium Disilicate Ceramic Thickness and Translucency on Shear Bond Strength of Light-cured Resin Cement. *J Dent Mater Tech*. 2017; 6(3):108–16.
3. Aslan Y, Uludamar A, Özkan Y. Retrospective Analysis of Lithium Disilicate Laminate Veneers Applied by Experienced Dentists: 10 Years Results. *Int J Prosthodont*. 2019; 32(6):471–4.
4. Ritter RG. Multifunctional uses of a novel ceramic-lithium disilicate. *J Esthet Restor Dent*. 2010; 22(5):332–41.
5. McLaren EA, Figueira J. Updating Classifications of Ceramic Dental Materials: A Guide to Material Selection. *Compend Contin Educ Dent*. 2015; 36(6):400–7.
6. Lee SM, Choi YS. Effect of ceramic material and resin cement systems on the color stability of laminate veneers after accelerated aging. *J Prosthet Dent*. 2018; 120(1):99–106.
7. Diaz-Arnold AM, Vargas MA, Haselton DR. Current status of luting agents for fixed prosthodontics. *J Prosthet Dent*. 1999; 81(2):135–41.
8. Delgado AJ, Castellanos EM, Coelho Sinhoreti MA, De Oliveira DCRS, Abdulhameed N, Geraldeli S, et al. The use of different photoinitiator systems in photopolymerizing resin cements through ceramic veneers. *Oper Dent*. 2019; 44(4):396–404.
9. Sinhoreti MAC, Oliveira DCRS de, Rocha MG, Roulet J-F. Fotopolimerização de materiais restauradores resinosos: uma abordagem com base em evidências para a prática clínica. *J Clin Dent Res*. 2018; 15(1):44–53.
10. Elliott JE, Lovell LG, Bowman CN. Primary cyclization in the polymerization of bis-GMA and TEGDMA: A modeling approach to understanding the cure of dental resins. *Dent Mater*. 2001; 17(3):221–9.
11. Mendes LC, Matos IC, Miranda MS, Benzi MR. Dual-curing, self-adhesive resin cement: Influence of the polymerization modes on the degree of conversion and microhardness. *Mater Res*. 2010; 13(2):171–6.
12. Castellanos M, Delgado AJ, Sinhoreti MAC, de Oliveira DCRS, Abdulhameed N, Geraldeli S, et al. Effect of Thickness of Ceramic Veneers on Color Stability and Bond Strength of Resin Luting Cements Containing Alternative Photoinitiators. *J Adhes Dent*. 2019; 21(1):67–76.
13. Ural Ç, Duran İ, Tatar N, Öztürk Ö, Kaya İ, Kavut İ. The effect of amine-free initiator system and the polymerization type on color stability of resin cements. *J Oral Sci*. 2016; 58(2):157–61.
14. Zhang L, Luo XP, Tan RX. Effect of Light-Cured Resin Cement Application on Translucency of Ceramic Veneers and Light Transmission of LED Polymerization Units. *J Prosthodont*. 2019; 28(1):e376–82.
15. Agnello S. Radiation–matter interaction principles: Optical absorption and emission in the visible-ultraviolet region. *Spectroscopy for Materials Characterization*. 2021; p. 1–34.
16. Hof M, Macháň R. Basics of optical spectroscopy: *Handbook of Spectroscopy*. 2014; p. 31–8.
17. Price RBT. Light Curing in Dentistry. *Dent Clin North Am*. 2017; 61(4):751–78.
18. Rueggeberg FA, Giannini M, Arrais CAG, Price RBT. Light curing in dentistry and clinical implications: A literature review. *Braz Oral Res*. 2017; 31:64–91.
19. Strang R, McCrosson J, Muirhead M, Richardson SA. The setting of visible- light-cured resins beneath etched porcelain veneers. *Br J Dent* 1987; 163:149-151.

20. Sartori N, Alsamman R, Bocabella L, Clavijo V, Phark J, Lopes MM, Duarte S. The adhesive restorative complex. *Quintessence Dent Technology*. 2017; 40:48-66.
21. Pashley EL, Comer RW, Simpson MD, Horner JA, Pashley DH, Caughman WF. Dentin permeability: sealing the dentin in crown preparations. *Oper Dent*. 1992; 17(1):13-20
22. Rasetto FH, Driscoll CF, Prestipino V, Masri R, Von Fraunhofer JA. Light transmission through all-ceramic dental materials: A pilot study. *J Prosthet Dent*. 2004; 91(5):441–6.
23. Martins F V., Vasques WF, Fonseca EM. How the Variations of the Thickness in Ceramic Restorations of Lithium Disilicate and the Use of Different Photopolymerizers Influence the Degree of Conversion of the Resin Cements: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Prosthodont*. 2019; 28(1):e395–403.
24. Morita RK, Hayashida MF, Pupo YM, Berger G, Reggiani RD, Betiol EAG. Minimally Invasive Laminate Veneers: Clinical Aspects in Treatment Planning and Cementation Procedures. *Case Rep Dent*. 2016; 2016.
25. Alleman DS, Magne P. A systematic approach to deep caries removal end points: the peripheral seal concept in adhesive dentistry. *Quintessence Int*. 2012; 43(3):197–208.
26. Aslan YU, Uludamar A, Özkan Y. Clinical performance of pressable glass-ceramic veneers after 5, 10, 15, and 20 years: A retrospective case series study. *J Esthet Restor Dent*. 2019; 31(5):415-422.
27. Zarone F, Di Mauro MI, Ausiello P, Ruggiero G, Sorrentino R. Current status on lithium disilicate and zirconia: a narrative review. *BMC Oral Health*. 2019; 19(1):134.
28. Allbeury BJ. The cure for all your light-curing problems. 2016; 64–9.
29. Meng K, Wang L, Wang J, Yan Z, Zhao B, Li B. Effect of Optical Properties of Lithium Disilicate Glass Ceramics and Light-Curing Protocols on the Curing Performance of Resin Cement. *Coatings* 2022; 12(6):715.
30. Borges GA, Correr AB, Platt JA, Kina S, Correr-Sobrinho L, Costa AR. Effect of lithium disilicate ceramic thickness, shade and translucency on transmitted irradiance and knoop microhardness of a light cured luting resin cement. *J Mater Sci Mater Med*. 2021; 32(8):90.
31. García-Cuerva M, Boaventura-Dubovik A, Iglesias ME. Transmittance of lithium disilicate ceramic of different thicknesses and opacities with different curing units. *Acta odontologica latinoamericana: AOL*. 2021
32. Oh S, Shin SM, Kim HJ, Paek J, Kim SJ, Yoon TH, et al. Influence of glass-based dental ceramic type and thickness with identical shade on the light transmittance and the degree of conversion of resin cement. *Int J Oral Sci*. 2018; 10(1):5.
33. Zadroga K, Kamiński W, Warda P, Szczyrek P. Adhesive cementation of porcelain veneers - the study of absorption of the curing light intensity by the ceramic samples Empress 2. *Contemporary Dentistry*. 2007; p. 12-17.
34. Rasetto FH, Driscoll CF, Fraunhofer VJA. Effect of Light Source and Time on the Polymerization of Resin Cement through Ceramic Veneers. *Journal of Prosthodontics*. 2001; p. 133-139.
35. Oztürk, E.; Hickel, R.; Bolay, S.; Ilie, N. Micromechanical properties of veneer luting resins after curing through ceramics. *Clin. Oral Investig*. 2012; 16:139–146.
36. Shenoy, A.; Shenoy, N. Dental ceramics: An update. *J. Conserv. Dent*. 2010; 13:195–203.
37. Della Bona, A.; Nogueira, A.D.; Pecho, O.E. Optical properties of CAD-CAM ceramic systems. *J. Dent*. 2014; 42:1202–1209.
38. Wang F, Takahashi H, Iwasaki N. Translucency of dental ceramics with different thicknesses. *J Prosthet Dent*. 2013; 110:14–20.

39. Barizon KTL, Bergeron C, Vargas MA, Qian F, Cobb DS, Gratton DG, et al. Ceramic materials for porcelain veneers: Part II. Effect of material, shade, and thickness on translucency. *J Prosthet Dent.* 2014; 112:864–70.
40. Runnacles P, Correr GM, Filho FB, Gonzaga CC, Furuse AY. Degree of conversion of a resin cement light-cured through ceramic veneers of different thicknesses and types. *Braz Dent J.* 2014; 25:38–42.
41. Skyllouriotis AL, Yamamoto HL, Nathanson D. Masking properties of ceramics for veneer restorations. *J Prosthet Dent.* 2017; 118:517–23.
42. Pires LA, Novais PMR, Araújo VD, Pegoraro LF. Effects of the type and thickness of ceramic, substrate, and cement on the optical color of a lithium disilicate ceramic. *J Prosthet Dent.* 2017; 117:144–9.
43. Borges GA, Agarwal P, Miranzi BA, Platt JA, Valentino TA, dos Santos PH. Influence of different ceramics on resin cement Knoop Hardness Number. *Oper Dent.* 2008; 33:622–8.
44. Kilinc E, Antonson S, Hardigan P, Kesercioglu A. The effect of ceramic restoration shade and thickness on the polymerization of light- and dual-cure resin cements. *Oper Dent.* 2011; 36:661–9.
45. Aguiar TR, de Oliveira M, Arrais CAG, Ambrosano GMB, Rueggeberg F, Giannini M. The effect of photopolymerization on the degree of conversion, polymerization kinetic, biaxial flexure strength, and modulus of self-adhesive resin cements. *The Journal of Prosthetic Dentistry.* 2015;113(2):128-134.