



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

TEMPERATURA E INTENSIDAD LUMÍNICA EMITIDA
DE LÁMPARAS DE FOTOPOLIMERIZACIÓN.

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

C I R U J A N A D E N T I S T A

P R E S E N T A:

MELISSA RAZO COVARRUBIAS.

TUTORA: Esp. MÓNICA PEÑA CHÁVEZ.

MÉXICO, Cd. Mx.

2023



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos.

Quiero agradecerles principalmente a mis padres, ya que sin su apoyo incondicional no hubiera sido posible estudiar esta carrera, además siempre estuvieron al pendiente a lo largo de los años e inclusive fueron mis primeros pacientes.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por abrirme las puertas y permitirme estudiar en sus instalaciones, me siento muy orgullosa, ya que mi objetivo siempre había sido estudiar en Ciudad Universitaria y así fue.

A la doctora Mónica Peña Chávez, por ser mi tutora y apoyarme incondicionalmente durante el proceso del seminario y la tesina, que representan el paso final en mi carrera universitaria.

También quiero agradecerles a los pacientes que confiaron en mi durante la carrera, pues sin su ayuda no hubiera obtenido los conocimientos necesarios.

Finalmente quiero reconocer a los doctores de la Facultad de Odontología, ya que gracias a muchos de ellos obtuve la práctica y conocimientos para poder ejercer esta carrera tan noble.

Índice

Agradecimientos.....	ii
1. Resumen.....	6
2. Introducción.....	7
3. Antecedentes.....	8
3.1 Historia de los sistemas de fotopolimerización.....	8
4. Marco teórico.....	17
4.1 Conceptos.....	17
4.1.2 Fotopolimerización.....	17
4.1.3 Luz.....	18
4.1.4 Luz emitida por los sistemas de fotopolimerización.....	19
4.1.5 Tipos de emisión de luz azul.....	20
4.1.6 Fotoiniciadores.....	38
4.1.7 Intensidad o irradiancia lumínica.....	40
4.1.8 Distancia de las lámparas al material.....	42
4.1.9 Daño ocular y protecciones.....	43
4.1.10 Control de infecciones.....	44
4.1.11 Problemas en el OD por sistemas de fotopolimerización.....	44
4.1.11.2 Restauración.....	46
5. Planteamiento del problema.....	47
6. Justificación.....	48
7. Objetivos.....	49
7.1 General.....	49
7.2 Específicos.....	49
8. Hipótesis.....	50
8.1 Nula.....	50
8.2 De trabajo.....	50
9. Tipo de Estudio.....	51
10. Universo de Estudio.....	52
11. Variables.....	53
12. Metodología.....	54
13. Resultados.....	55

14. Discusión	63
15. Conclusiones.....	65
17. Bibliografía.....	66
18. Anexos.....	69

Índice de Figuras

Figura 1. Angulaciones	12
Figura 2. Simulador MARC	12
Figura 3. Perfiles de intensidad en la guía de luz en vistas tridimensionales codificadas por colores.....	13
Figura 4. Influencia de la angulación en el haz de luz en vistas tridimensionales codificadas por colores.....	14
Figura 5. Estructura del metacrilato.....	17
Figura 6. Espectro electromagnético	19
Figura 7. Filtro óptico y bombillo	21
Figura 8. Guías ópticas	21
Figura 9. Perfil de emisión de una lámpara halógena, TPO: Lucirin, CQ: Canforoquinona, PPD: Fenilpropanidiona	22
Figura 10. Lámpara halógena convencional	22
Figura 11. Lámparas halógenas de alta potencia.....	23
Figura 12. Ejemplos de lámparas de arco de plasma.....	25
Figura 13. Perfil de emisión de una lámpara de arco plasma; TPO: Lucirin, CQ: Canforoquinona, PPD: Fenilpropanidiona	25
Figura 14. Lámpara LASER	27
Figura 15. Perfil de emisión de una lámpara de laser; TPO: Lucirin, CQ: Canforoquinona, PPD: Fenilpropanidiona	27
Figura 16. Conformación de LED`s.....	29
Figura 17. Punta turbo.....	29
Figura 18. LED`s individuales acomodados uno cerca de otro	30
Figura 19. Perfil de emisión de una lámpara LED 1era generación; TPO: Lucirin, CQ: Canforoquinona, PPD: Fenilpropanidiona.....	30
Figura 20. Lámparas LED de segunda generación.....	31
Figura 21. Chips LED de segunda generación apagados/encendidos.....	31

Figura 22. Perfil de emisión de una lámpara LED 2da generación; TPO: Lucirin, CQ: Canforoquinona, PPD: Fenilpropanidiona	32
Figura 23. El chip inferior derecho emite luz ultravioleta y los demás luz azul.....	32
Figura 24. Lámpara Ultrame 5 Ultradent®	33
Figura 25. Luz Bluephase®	33
Figura 26. Perfil de emisión de una lámpara LED 3era generación; TPO: Lucirin, CQ: Canforoquinona, PPD: Fenilpropanidiona	34
Figura 27. Lámparas LED tercera generación	34
Figura 28. a) LED`s en forma concéntrica 1era generación, b) LED´s organizados en chips 2da generación, c) Combinación de 4 LED`s que emiten luz azul y ultravioleta 3ra generación ..	35
Figura 29. Lámpara MiniLedTM® (Acteon)	37
Figura 30. Anillo láser	37
Figura 31. Absorción de luz visible entre 425 y 495 nanómetros	38
Figura 32. Absorción de luz visible entre 390 a 410 nanómetros.....	39
Figura 33. Absorción de luz visible entre 390 a 460 nm.....	39
Figura 34. Absorción de luz visible entre 390 a 445 nm.....	40
Figura 35. Lámparas a diferentes distancias	42
Figura 36. Uniformidad del haz de luz.....	43
Figura 37. Vista en el diente.....	43
Figura 38. Lámparas más utilizadas.	55

Índice de Gráficas

Gráfica 1. Intensidad lumínica de las lámparas a los 10 segundos.....	56
Gráfica 2. Intensidad lumínica de las lámparas a los 20 segundos.....	57
Gráfica 3. Lámparas únicas en el estudio.....	58
Gráfica 4. Promedio de temperatura en °C a los 10 segundos.....	59
Gráfica 5. Promedio de temperatura en °C a los 20 segundos.....	60
Gráfica 6. Lámparas únicas en el estudio.....	61

1. Resumen.

Las lámparas de fotopolimerización, son dispositivos de emisión lumínica, utilizadas para realizar diferentes tratamientos sobre biomateriales dentales en base a resinas compuestas. Éstos biomateriales, son los más utilizados en la odontología por sus ventajas; por mencionar algunas, presentan gran adhesión al tejido dentario y alta estética.

Las lámparas para fotopolimerizar, han evolucionado en diferentes aspectos, el más importante, su espectro de luz, para brindar mayor calidad de las restauraciones.

Es por ello, que para promover la longevidad y el buen funcionamiento de estos biomateriales, se requieren conocimientos de las características de las lámparas de fotopolimerización.

Este trabajo, describe dichas características, y además, detalla resultados obtenidos, sobre la emisión de calor, e irradiancia de lámparas de fotopolimerización, empleadas por alumnos de segundo año, de la carrera de Cirujano Dentista, en la Facultad de Odontología, de la Universidad Nacional Autónoma de México y los alumnos de primer y segundo año de la especialidad de Restauradora Avanzada.

2. Introducción.

Hoy en día, los pacientes prefieren restauraciones estéticas, ampliando de esta manera la gama de biomateriales existentes en el mercado. Para poder colocarlos, es importante tener el tipo de lámpara de fotopolimerización adecuada. Los biomateriales que poseen dentro de su composición resinas, deben contener fotoiniciadores; las lámparas, funcionarán siempre que alcancen el rango de longitud de onda requerido por ellos. Así mismo, la potencia de la luz, deberá ser suficiente, para generar un adecuado grado de conversión o polimerización en los biomateriales.

Con el tiempo han evolucionado las lámparas, a fin de buscar modelos más ergonómicos, disminuir el calor emitido, mejorar la calidad del fotopolimerizado de los biomateriales, y reducir el tiempo de exposición.

El presente trabajo tiene como objetivo demostrar, la importancia de conocer la intensidad y temperatura, que emiten las lámparas de fotopolimerizar. No se tiene la precaución de medir periódicamente a estos dispositivos, y esto puede ser perjudicial, sobre todo, para la integridad de los dientes y sus tejidos adyacentes.

Es preocupante, que algunas lámparas del mercado, no cumplan con las características necesarias para poder ser utilizadas de forma segura, comprometiendo los tejidos bucales, y la calidad de las restauraciones.

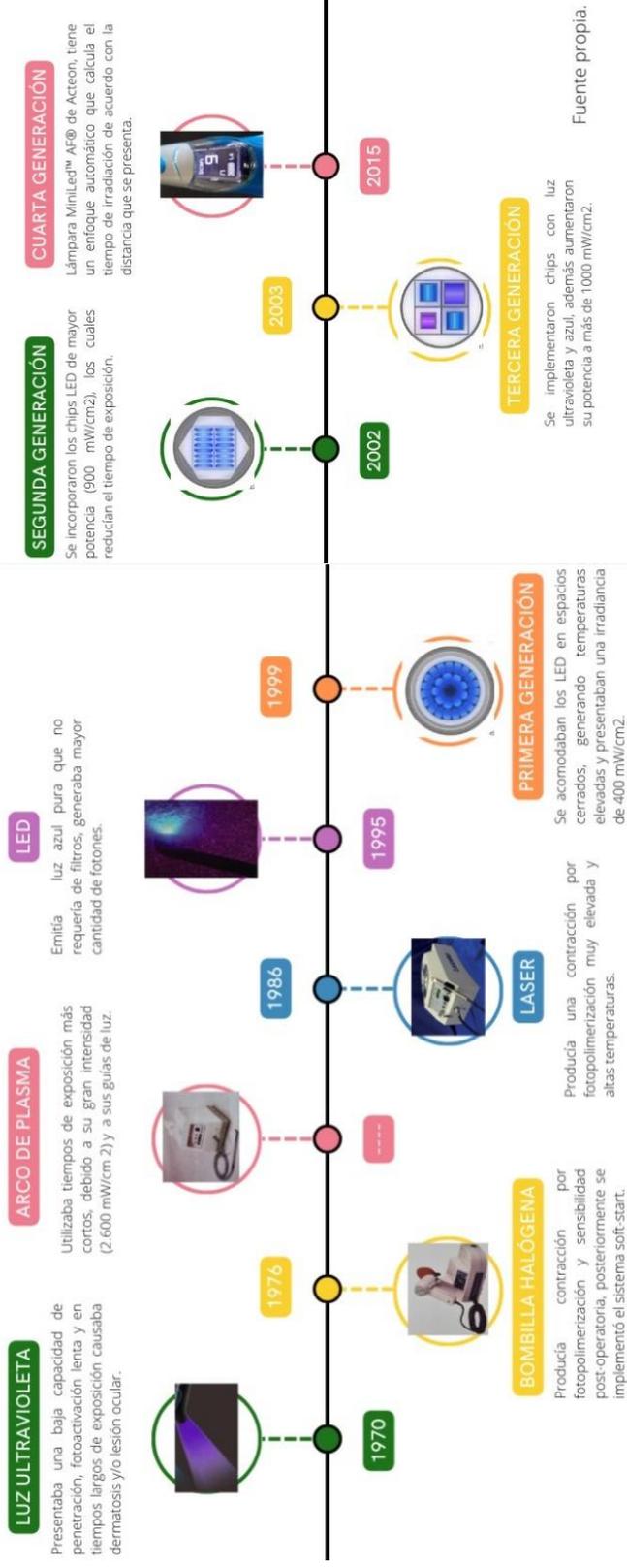
3. Antecedentes.

3.1 Historia de los sistemas de fotopolimerización

En 1801 el físico alemán Johann Wilhelm Ritter, descubrió la radiación ultravioleta. Se percató del oscurecimiento de las sales de plata, cuando eran expuestas al sol. Ritter explicó, que los rayos invisibles que se encuentran detrás del color violeta en el espectro visible, eran útiles y oscurecían el papel impregnado con cloruro de plata.

Los nombró “rayos desoxidantes”, para diferenciarlos de los “rayos calóricos” de William Herschel. Posteriormente tomaron el nombre de rayos “químicos”; ambos términos se utilizaron en el siglo XIX y finalmente quedaron descritos como radiación infrarroja y radiación ultravioleta (1).

La lámpara de luz ultravioleta, fue la primera en utilizarse para la fotopolimerización de las resinas compuestas y de selladores de fosetas y fisuras, en la época de los sesenta, su longitud de onda oscilaba entre 200 a 400 nm. Fue sustituida por otros sistemas porque se demostró, que presentaba baja capacidad de penetrancia, lentitud de fotoactivación, riesgo de dermatosis y/o lesión ocular al exponerse por un tiempo prolongado, además de causar daños en la dentina y alterar la microflora de la cavidad oral. Por otro lado, se debía mantener conectada, incluso, si no se estaba utilizando, y con el tiempo, disminuía la intensidad emitida por la lámpara (2–5).



Fuente propia.

En 2019, Rojas Silva y Rondán Bermeo, realizaron un estudio para evaluar la intensidad lumínica de lámparas de fotopolimerización de la clínica odontológica de la ULADECH Católica, en Chile. Revisaron 20 lámparas, de las cuales 10 fueron halógenas y 10 LED. Se midieron con un radiómetro de la marca LITEX® de la casa DENTAMÉRICA. Se encontró que el 15% de las lámparas (en su total halógenas), presentaban una intensidad inferior a los 400 mW/cm², que es insuficiente para realizar una correcta fotopolimerización. Por otro lado, el 100% de las lámparas LED registraron una intensidad ≥ 400 mW/cm², lo cual resulta en una fotopolimerización adecuada (6).

Matallana Jerez, Ortiz Caballero y Col. aplicaron un estudio en el año 2009 en 110 consultorios odontológicos, que consistió en medir la intensidad lumínica con 59% de lámparas halógenas y 41% de LED. El 11.1% de las lámparas LED no presentaron una intensidad apta, el 17.8% se encontraron en la media, 37.8% en alta y 33.4% en superalta. Por otro lado, 30.8% de las lámparas halógenas no fueron aptas, 30.8% tuvieron intensidad baja, 23.1% media, 13.9% alta y 1.5% super alta (3).

En el 2008 Santini y Col. hicieron un estudio in vitro, comprobaron que al trabajar con una lámpara LED de potencia de 1100 mW/cm², se elevaba la temperatura de la pulpa, en comparación de las halógenas convencionales de 500 mW/cm², sin embargo, mencionan que ambas se mantuvieron en un nivel en el que no se causa alteración a la pulpa.

Rajesh, Anilkumar y Col. en el año 2010, llevaron a cabo un estudio in vitro, para saber la temperatura de la cámara pulpar, con distintos tipos de lámparas para fotopolimerizar, ellos encontraron, que las LED generan menos calor que las halógenas. La función rápida de las lámparas LED produjo menos calor que la de impulso y rampa.

Pereira Da Silva, Alves Da Cunha y Cols. comprobaron en el año 2010, que las lámparas halógenas, aumentan más la temperatura del diente que las LED, aunque ninguna causó daño pulpar.

Jarquín Hernández y Bonilla, hicieron un estudio in vitro en la Universidad Latina de Costa Rica con dientes naturales. Aplicaron aislamiento absoluto y midieron la temperatura con un sensor, antes y durante la obturación, utilizando 2 lámparas halógenas, 1 LED, 6 LED con fibra óptica y 2 compuestas por 4 LED.

Las lámparas halógenas y LED se clasificaron en temperatura moderada (14,8° a 37°C) y se comprobó que no hay una opción específica en las lámparas que genere menos temperatura, debido a que el calor que se origine dependerá de cada una. Algunos factores que pueden aumentar la temperatura son el color de la resina, su permeabilidad, el grosor que presenta y su temperatura preliminar. En la opción de rampa de las lámparas LED, se presentó un aumento en la temperatura, principalmente en la que no tiene fibra óptica (7).

López Soto realizó un estudio in vitro en 20 molares, se les hicieron cavidades clase I de 2 mm, con el fin de medir la temperatura dentro de la pulpa con un sensor durante la fotopolimerización de una resina en tono A3, en tiempo de exposición de 20 segundos utilizando una lámpara LED. Los resultados del estudio demostraron, que en dientes con 1 o 2 mm de dentina remanente no había aumento de temperatura superior a los 42° C, porque posee mínima conductividad térmica, por tanto, concluyen, que no se produce daño pulpar irreversible (8).

Solís Villanueva hizo un estudio en la Universidad Peruana Cayetano Heredia, comparó la temperatura de las lámparas, halógena Litex™ 682 de la casa comercial Dentamerica, LED Bluephase® y Bluephase® C8 de Ivoclar Vivadent® y se clasificaron según su tipo y forma de activación. Se midió la temperatura 40 segundos con la lámpara activada y 50 segundos después de

utilizarla, para dar un total de 90 segundos, posteriormente se aplicaron 3 activaciones consecutivas de 40 segundos, con tiempo de 5 segundos entre cada una y el registro siguió hasta 50 segundos después de la activación final, (tiempo total 180 segundos). La temperatura fue medida con termocupla, se anotó cada 5 segundos. Fueron 5 registros para cada lámpara. Al realizar las 3 activaciones seguidas se registró aumento en la temperatura y las lámparas LED tuvieron valores más altos comparados con la halógena (9).

Konerding, Heyder y Cols., analizaron la intensidad de lámparas colocadas en diferentes distancias (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 mm), y en distintas angulaciones (0° , 5° , 10° , 15° y 20°), como se muestra en la figura 1, los datos se recopilaban cada 20 segundos, las mediciones se llevaron a cabo dentro del simulador de paciente "MARC", el cual consta de una cabeza con un sensor en la región de los molares superior izquierdo, y otro entre los incisivos centrales, como se puede observar en la figura 2. El microscopio y la cámara detectaron en qué caras del diente llegó correctamente la luz y para este fin se utilizaron 3 lámparas nuevas.

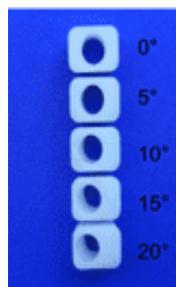


Figura 1. Angulaciones (10).



Figura 2. Simulador MARC (10).

Celalux 2® obtuvo una irradiancia de $1,969.8 \text{ mW/cm}^2$, cuando el fabricante refiere sólo $1,000 \text{ mW/cm}^2$. En una angulación de 0° , obtuvo $38,55 \text{ J/cm}^2$, pero fue la lámpara que presentó menos irradiancia al ir aumentando la inclinación, a los 9 mm tuvo un 20.1% de su irradiancia original.

La lámpara Bluephase®, presentó 740 mW/cm² y 14,78 J/cm² en 0°, con una angulación de 20°, registró 92,7 % de su irradiancia habitual. A una distancia de 2 mm se redujo en un 3,8% y a los 9 mm se presentó un 50.1%. Además, al inclinar la lámpara disminuía la irradiancia en el centro y aumentaba en la periferia. Translux Powerblue® obtuvo 900 mW/cm², en 0° dio un total de 20,0 J/cm² y se redujo a 16,28 J/cm² cuando el ángulo de inclinación fue de 20°, a los 2 mm bajo la cantidad de energía en un 4,8% y en 9 mm obtuvo un 39.65% de su irradiancia original. Genera mayor potencia en el centro que en la periferia.

Las tres lámparas mostraron mayor irradiancia en diferentes zonas cada una, como se puede observar en la figura 3 (10).

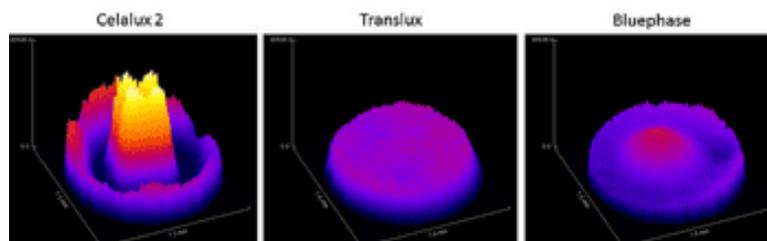


Figura 3. Perfiles de intensidad en la guía de luz en vistas tridimensionales codificadas por colores (10).

Para mostrar gráficamente como afecta la inclinación a las lámparas se realizó una imagen, como se muestra en la figura 4 (10).

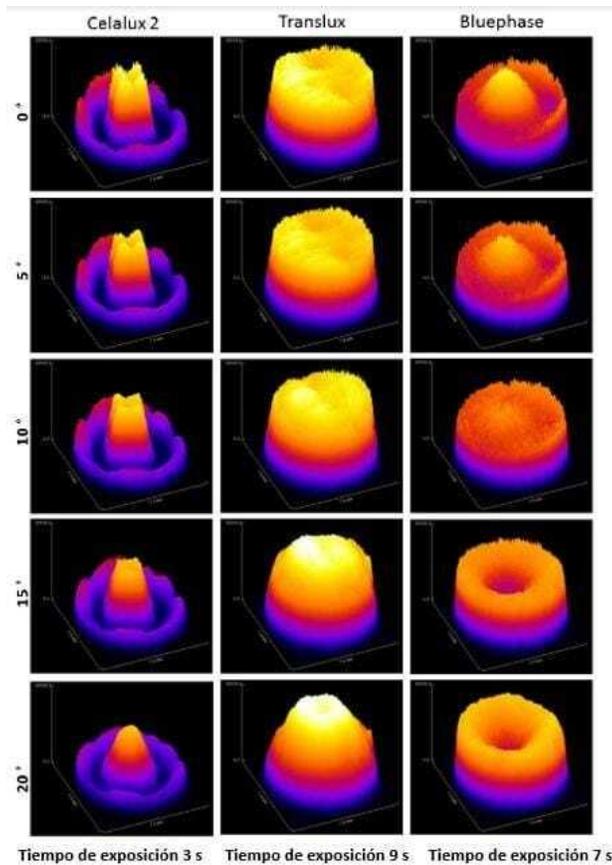


Figura 4. Influencia de la angulación en el haz de luz en vistas tridimensionales codificadas por colores (10).

Por ello, se concluyó, que la forma en la que se manejan las lámparas para fotopolimerizar, influye directamente en la irradiancia final, también se debe considerar que tan profunda es la preparación del diente, el grosor y el biomaterial a utilizar, además de los protectores para el control de infecciones, que en este estudio se demostró que contribuyen a una pérdida adicional de la irradiancia de 7 a 10% (10).

Carhuancho Álvarez y Solís Córdor, llevaron a cabo un estudio en la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, utilizaron una termocupla y un termómetro digital para la recolección de los datos, registrando la temperatura en dos modos diferentes; en el simple se mantuvo la lámpara encendida por

40 segundos y se registró la temperatura y posteriormente a los 50 segundos, pero ya apagada. En el triple, se tomó la temperatura con la lámpara encendida a los 40 segundos en 3 ocasiones seguidas, con un tiempo de 5 segundos entre cada una, y posterior al último registro, se midió por otros 50 segundos más, dando un tiempo de 180 segundos en total.

Las lámparas Litex® 682 y Bluephase® C8 tuvieron la menor temperatura y Bluephase® fue la más elevada. Todas generan un aumento en la temperatura, pero la halógena en menor cantidad.

Bluephase® C8 y Bluephase® se revisaron en las opciones Low Soft y High y para Litex® 682 en forma convencional y High. Para la lámpara Bluephase® la mayor temperatura se presentó en el modo High, para Bluephase® C8 el modo Low generó una menor temperatura que Soft y High, y en la lámpara Litex® 682 la opción High, elevó más la temperatura que el modo convencional. Gracias a las mediciones se puede observar que al hacer ciclos consecutivos la temperatura aumenta gradualmente, y en las lámparas Bluephase® C8 y Bluephase® se puede comprobar que, en la activación triple, se genera más temperatura en el modo Soft que en el Low (11).

Sánchez Sánchez, Mena Silva y Cols., registraron la intensidad y la temperatura de lámparas utilizadas por alumnos de séptimo a décimo semestre de la Universidad Regional Autónoma De Los Andes, en el año 2008, el tamaño de la muestra fue de 101. Se tomó la temperatura durante 20 segundos en distancias de 1, 2 y 3 cm, y para medir la intensidad, se utilizó un radiómetro Woodpecker®. Se encontró que, en décimo semestre, el 50% de las lámparas se encuentran en un rango adecuado, sin embargo, en séptimo semestre el 51% están por encima del rango y en noveno semestre el 60% se encuentra por debajo. Tomando todos los semestres, el 32% está dentro de la potencia adecuada, el 38% están por encima y el 30% por debajo. Al revisar los resultados, ellos concluyen, que no todas las lámparas fotopolimerizan adecuadamente los biomateriales restauradores (12).

Castillo Lescano, Armas y Cols. realizaron una revisión bibliográfica, en la Universidad Hemisferios, para establecer como afecta la temperatura de las lámparas de fotopolimerización a los dientes.

Entre más dentina remanente tenga una cavidad, y menos cercanía hacia la pulpa, menos temperatura se va a generar en la pulpa del diente. Al incrementar la distancia entre la lámpara y el diente, la irradiancia disminuye, también influye el grosor de la fibra óptica utilizada y la inclinación que se le da. Algunas lámparas presentan opciones de fotopolimerizado, que aumentan en menor medida, la temperatura, como el modo progresivo o rampante, se inicia con una irradiación baja y va aumentando hasta alcanzar alta intensidad, esto permite que la resina se fotopolimerice lentamente, disminuyendo el estrés de contracción del material, formando cadenas de polímeros de mayor tamaño, que le confieren mejores propiedades, sin embargo, puede generar menor grado de polimerización (13).

4. Marco teórico.

4.1 Conceptos

4.1.2 Fotopolimerización

Los materiales hechos a base de resina compuesta para poder solidificarse o polimerizar, utilizan monómeros sensibles al rango de (390 a 495) de la luz visible, por ello se denomina como mecanismo de fotopolimerización. Por otro lado, estos materiales contienen metacrilatos y vinilos, que polimerizan por medio de adición de radicales libres, al sustituirse la letra "R" por un metilo, obtenemos metacrilato de metilo, y al utilizar un grupo etilo, se tiene metacrilato de etilo, que es un componente que tienen algunas resinas compuestas temporales, como se muestra en la figura 5 (4).

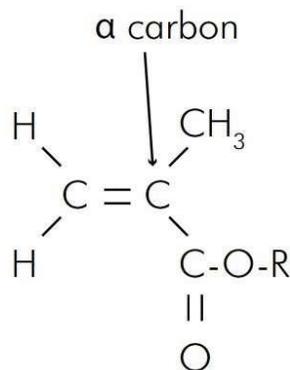


Figura 5. Estructura del metacrilato (4).

Al agregar un hidroxietilo, resulta en hidroxietilo metacrilato (HEMA). Si además tienen un metacrilato adicional en el otro extremo, esto proporciona los monómeros dimetacrilato como el Bis-GMA, TEGDMA, UDMA.

El grupo vinilo del metacrilato libera su energía para unir o polimerizar los grupos metacrilato que se encuentran en la resina, para ello se requiere de electrones de alta densidad, como el doble enlace del carbono.

El compuesto se activa por medio de calor, productos químicos o radiación, para formar radicales libres, que tendrán un electrón y buscarán otro para compartir su órbita.

La fotopolimerización depende de la formación de radicales libres y de la presencia de fotones en la restauración local a cierta profundidad (4).

La dureza que presenta el material en la superficie no es sinónimo de una correcta fotopolimerización, en general la profundidad de curado o polimerizado se da a no más de 2 mm (14).

Una fotopolimerización incorrecta puede causar que los materiales dejen monómeros residuales, ocasionando daño en las células de la pulpa (9).

4.1.3 Luz

La luz visible es la radiación electromagnética que viaja en forma de ondas a una velocidad de 299,772,448 m/seg. Así mismo los rayos x, rayos gamma, radiación ultravioleta y radiación infrarroja viajan a través del espacio de la misma forma. La luz visible es la única que puede ser observada por el ojo humano y se manifiesta por medio de colores, sólo somos capaces de percibirla entre 400 nm que es la luz violeta y 750 nm la luz roja (15,16).

El color azul y violeta tienen importancia en odontología, porque sus longitudes de onda provocan la solidificación de materiales poliméricos compuestos. Estos colores presentan una longitud de onda corta, por otro lado, el rojo y el naranja tienen longitud de onda larga y en medio están el verde y el amarillo, como se puede observar en la figura 6 (4).

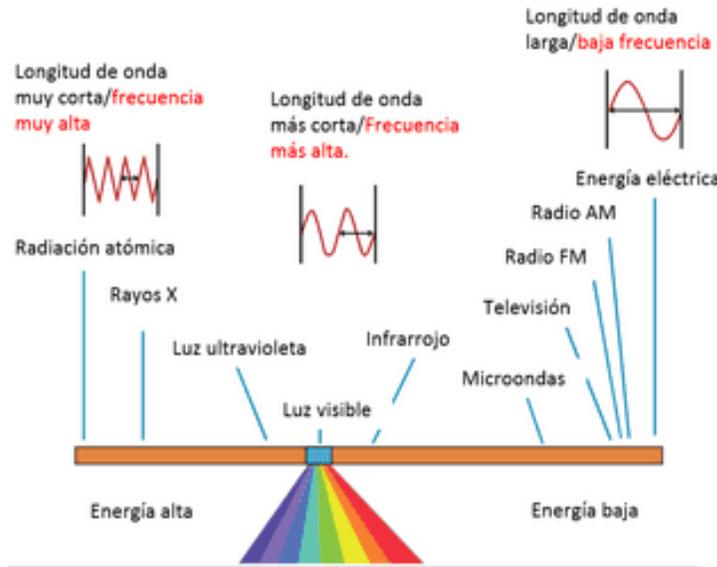


Figura 6. Espectro electromagnético (4).

La luz visible se emite cuando hay un cambio de nivel de energía de los electrones, puede ser transmitida a través del espacio vacío y es capaz de ir a través de objetos o sustancias transparentes y su velocidad depende de la densidad donde viaje. El sol emite una radiación compuesta por las diferentes longitudes de onda, pero la atmósfera las absorbe y sólo deja pasar una parte de la radiación ultravioleta a la Tierra.

Los rayos ultravioleta producen la ionosfera de la Tierra, debido a que producen una gran cantidad de energía, este efecto los hace muy tóxicos y pueden provocar cáncer en la piel.

Los diferentes tipos de energía electromagnética presentan distinta longitud de onda, como la separación entre las crestas del radio que pueden llegar a los 10 km y los rayos gamma disminuyen a milésimas de Angstrom (16).

4.1.4 Luz emitida por los sistemas de fotopolimerización

Dentro del espectro de la luz visible principalmente se utiliza el color azul para fotopolimerizar los materiales a base de resinas compuestas. Las lámparas para fotopolimerizar emiten luz azul mediante diferentes fuentes generadoras,

algunas la emiten directamente y otras requieren un filtro para sólo dejar salir la longitud de onda de la luz azul que esta entre 400 y 470 nanómetros (15,17). Se genera mediante un diodo emisor de luz, un foco halógeno, LASER o arco de plasma y aunque se encuentra en el rango visible, no debe ser observada de manera directa, porque el ojo humano no cuenta con ningún tipo de filtro para esa longitud de onda (17).

4.1.5 Tipos de emisión de luz azul

4.1.5.1 De bombilla halógena

Originalmente no fue diseñada para uso dental, ya que era utilizada en la industria aeronáutica para la iluminación del cuerpo de la aeronave.

En 1976 se utilizó en un paciente para fotopolimerizar un compuesto restaurador estético directo llamado silicato (4).

Las lámparas de bombilla halógena, trabajan en un rango entre 400 y 500 nm (18). La forma de producción de la luz es, a través de una bombilla halógena que produce luz visible. La bombilla es de vidrio; dentro se encuentra un filamento metálico (tungsteno o wolfranio), el cual genera alta energía calórica para emitir luz visible, para disipar el calor y evitar el quemado del filamento, se agrega una atmósfera gaseosa de halógeno.

La bombilla halógena emite luz blanca; para obtener luz azul, se integra un filtro óptico que únicamente deja pasar la longitud de onda en el rango indicado, y la energía que no es utilizada se libera, por ello inicialmente, generaban mayor temperatura, como se muestra en la figura 7.

Con el paso del tiempo el filtro se degrada y se astilla, lo que resulta en reducción de la intensidad de la lámpara, algunas incorporaron un radiómetro, lo cual permitió conocer si había alguna deficiencia en su funcionamiento.

Estas lámparas, tienen forma de pistola, unida por un cable a una base. Para colimar la salida de la luz, se utilizan guías ópticas. Estas guías de luz, están

hechas de fibra óptica, son extraíbles y pueden tener diferentes diámetros para fotopolimerizar varias áreas sobre el diente, como se observa en la figura 8 (1,4,5).



Figura 7. Filtro óptico y bombillo (Fuente propia)



Figura 8. Guías ópticas (4).

Algunas lámparas se les añade la opción de arranque suave, para reducir la velocidad en la que se fotopolimeriza el material, permite que las superficies que no se encuentran adheridas fluyan, de esta forma se alivia la tensión interna de la restauración y se disipa el calor emitido (4).

Tienen un interruptor de encendido, un radiómetro interno, y selector de tiempo; requieren de 40 segundos de exposición para polimerizar incrementos de 2 mm, y los compuestos que son sensibles a la luz, se pueden fotopolimerizar en 20 segundos.

Deben tener buena ventilación, ya que el aire que se queda atrapado puede degradar la bombilla, además que ayuda a disipar el calor generado hacia el diente (5).

Las lámparas de bombilla halógena, pueden activar diferentes fotoiniciadores, gracias a que poseen amplio rango espectral (390-520 nm), sin embargo, se

consideran reactivas para la canforoquinona, ya que produce gran número de fotones dentro de esa región espectral, como se puede observar en la figura 9 (4,15).

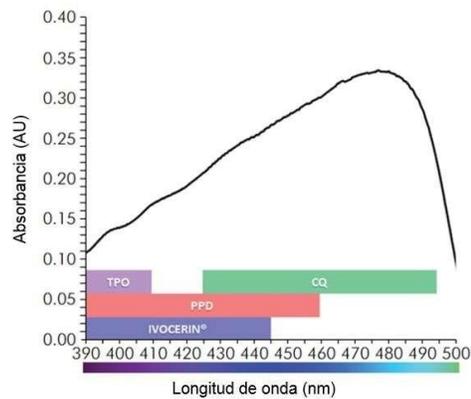


Figura 9. Perfil de emisión de una lámpara halógena, TPO: Lucirin, CQ: Canforoquinona, PPD: Fenilpropanidiona (4).

Existen dos tipos de lámparas halógenas, convencionales y de alta densidad de potencia.

Las convencionales tienen una potencia entre 350-700 mW/cm², generan luz azul, son alámbricas, es decir, se conecta a la corriente eléctrica en su base, como se observa en la figura 10 (5).

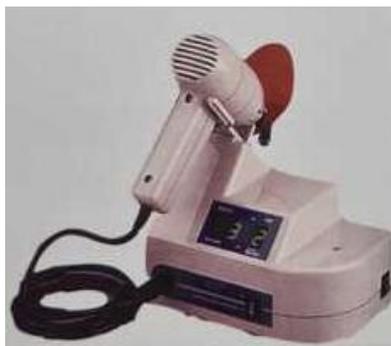


Figura 10. Lámpara halógena convencional (5).

Las halógenas de alta densidad de potencia, trabajan entre 700 y 1700 mW/cm², este tipo de lámparas emiten más luz, con el fin de disminuir el tiempo de exposición del fotopolimerizado, como se muestra en la figura 11 (17).



Figura 11. Lámparas halógenas de alta potencia (15).

Lámparas halógenas.

Ventajas	Desventajas
Comunes.	Son un poco más lentas que las otras lámparas.
Precio más accesible.	Generan mucho calor.
Confiables.	Vida limitada de bulbos o bombillas (100 horas).
Se pueden encontrar como alámbricas e inalámbricas.	
Fotopolimeriza todos los materiales.	
Diferentes modos de fotopolimerizado.	

Tabla 1. Ventajas y desventajas de las lámparas halógenas (5,15).

Es recomendable medir su intensidad frecuentemente con un radiómetro, ya que su desempeño puede disminuir con el uso (15).

4.1.5.2 Arco de plasma

Las primeras lámparas, se utilizaron para realizar blanqueamientos en dientes vitales, mejorando la velocidad en la que se descompone el gel de peróxido (4).

Se compone de dos electrodos de tungsteno colocados en una cámara presurizada con gas xenón, esto genera una luz más intensa, comparada con las lámparas de halógeno, y por ello generan mucho calor, incluye luz visible ultravioleta (UV) e infrarroja (IR).

Los electrodos se acomodan de tal manera, que la energía radiante se refleja de la parte posterior a la parte anterior, y se reúne en un área focal. A su vez, la energía reflejada, pasa por una ventana de zafiro, que con el tiempo se puede oscurecer por la deposición del tungsteno. Puede crear grandes cantidades de ozono, debido a la radiación UV e IR que emite.

Las lámparas de arco plasma, emiten 2.600 mW/cm^2 , y su salida es IR, se dirige a través de un filtro para guiar la luz visible y transmitirla, por un cordón lleno de líquido, el cual desecha la energía IR que no se requiere.

Tiene mayor tiempo de vida que las lámparas de halógeno, aproximadamente de 5 años. El tiempo de fotopolimerización es de 10 segundos para 2 mm de incremento, y algunos compuestos que son sensibles a la luz, podrían hacerlo en un tiempo de 3 a 5 segundos (5).

Los tiempos de exposición más cortos se lograron gracias a los cambios que se realizaron en las guías de luz, porque aumentaron la irradiación que le llega

a la restauración (4). Al utilizar una alta intensidad, también aumenta la temperatura, lo que provoca que la restauración no se ajuste adecuadamente en el margen, por la contracción generada y se pueden presentar daños en la pulpa del diente (19).

Tienen una base, y no usan pistola, por el alto voltaje que utilizan, y la temperatura que generan, como se observa en la figura 12 (15).



Figura 12. Ejemplos de lámparas de arco de plasma (5).

Su emisión espectral es muy grande, ya que proporciona un gran número de fotones para los diferentes tipos de fotoiniciadores, como se muestra en la figura 13 (4).

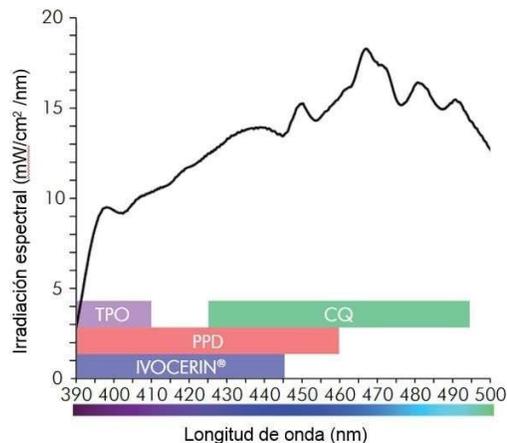


Figura 13. Perfil de emisión de una lámpara de arco plasma; TPO: Lucirin, CQ: Canforoquinona, PPD: Fenilpropanidiona (4).

Ventajas	Desventajas
Rápida.	Costosa.
Puede incrementar la calidad de las restauraciones debido a que su longitud de onda es cercana a la canforoquinona.	Es de mayor tamaño que las lámparas halógenas.
Buena durabilidad.	Poca reputación.
	Puede que no fotopolimerice algunos materiales.
	No es tan sencillo activarla debido a sus anillos magnéticos.
	Genera mucho calor en los tejidos.

Tabla 2. Ventajas y desventajas presentadas por las lámparas de arco plasma (5,15).

4.1.5.3 LASER

Comúnmente emiten 490 nm, generan radiación en el rango azul y no se dispersa cuando se aleja de la fuente que la emite, sin embargo, su longitud de onda es reducida y no es eficaz sobre algunos materiales (18,20).

Los tubos de argón necesitan de mucho poder y se sitúan en una base, la luz se envía a una pieza de mano a través de una guía óptica de luz, como se puede observar en la figura 14 (15).



Figura 14. Lámpara LASER (4).

Funciona bien para la canforoquinona, sin embargo, no es capaz de activar Lucirin TPO® y en Fenilpropanidiona sólo una porción, como se muestra en la figura 15 (4).

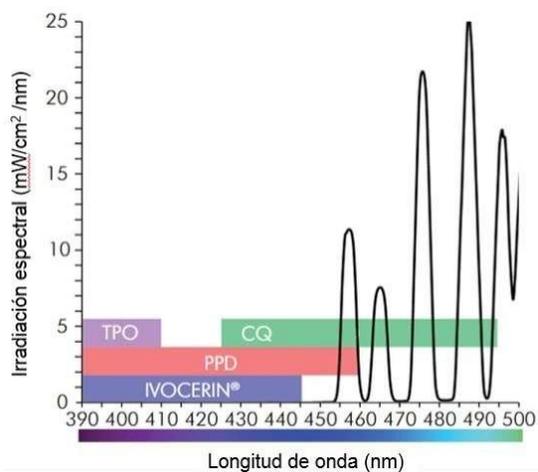


Figura 15. Perfil de emisión de una lámpara de laser; TPO: Lucirin, CQ: Canforoquinona, PPD: Fenilpropanidiona (4).

Ventajas	Desventajas
Rápidas.	Costosas.
Se obtienen restauraciones de resina más duraderas, debido a que alcanza una polimerización completa.	Son de mayor tamaño que las lámparas de halógeno.
Generan poco calor.	Puede que no fotopolimerice algunos materiales.
No requieren de mantenimiento.	

Tabla 3. Ventajas y desventajas de las lámparas de laser (5,15).

4.1.5.4 Emisión de luz a través de diodos (LED)

Las lámparas de fotopolimerización de LED, utilizan diodos a base de nitrato de galio, que producen la emisión de luz azul. Se presentan en forma de pistola con una fibra óptica que permite el paso de la misma, o en forma de pluma sin guía óptica. Producen electroluminiscencia, al transformar la energía eléctrica en luz visible (21).

Funcionan por medio de dos semiconductores, n-estimulado, que tienen electrones de sobra, y p-estimulado, que necesitan de electrones. Al unirse en un voltaje, los n-estimulados se unen con los espacios de electrones disponibles del p-estimulado (1).

Al inicio tenían una irradiancia similar a las lámparas halógenas (200 a 400 mW/cm²), pero las versiones actuales utilizan dos o más LED`s y aumentan su irradiancia o potencia, a 1000 mW/cm² o incluso más (22).

Generan mayor cantidad de fotones que cualquier otro tipo de fuente de luz (4).

Emiten luz azul pura, y su salida espectral es más estrecha que la de las lámparas halógenas y de arco de plasma, tienen entre 440 y 480 nm. Son las

lámparas más utilizadas, se degradan menos que las lámparas halógenas y son silenciosas (15,21).

Al fotopolimerizar con las lámparas LED, se obtiene mayor longevidad en las restauraciones, pues mejora sus propiedades físicas y mecánicas (21).

4.1.5.4.1 Primera generación (1999-2002).

Los primeros prototipos de lámparas con LED`s individuales se crearon en 1995, pero la primera lámpara que salió a la venta fue LUXoMAX® (Akeda Dental, Lystrup, Dinamarca) en el año 2000, utilizando 7 LED`s individuales, como se observa en la figura 16, con 116 mW/cm^2 , teniendo así un rendimiento desfavorable. Posteriormente añadieron una punta turbo, como se muestra en la figura 17, para aumentar la irradiancia, sin embargo, persistió la necesidad de utilizar tiempos de exposición prolongados, de más de 60 segundos para fotopolimerizar un incremento de 2 mm en una resina (21).



Figura 16. Conformación de LED`s (5).



Figura 17. Punta turbo (4).

En las lámparas de esta generación se acomodan los LED`s en espacios cerrados, y generan mucho calor, por ello se implementó un disipador para que no se dañen los chips (4).

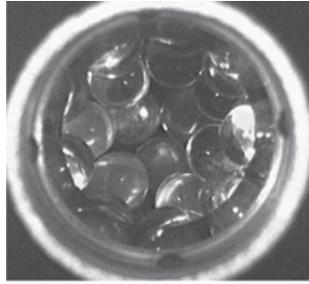


Figura 18. LED`s individuales acomodados uno cerca de otro (4).

En el 2001 salió la lámpara Elipar Freelight® (3M ESPE, St. Paul, MN, EUA), tenía 19 LED`s y 400 mW/cm^2 , pero se vio asociada a restauraciones con propiedades mecánicas deficientes, las lámparas presentaron hasta 64 LED`s en su composición (21).

Su emisión espectral (440-490 nm), es efectiva para canforoquinona y Fenilpropanidiona, pero no para Lucirin TPO® e Ivocerin®, ya que aún no se encontraba disponible, como se muestra en la figura 19 (4).

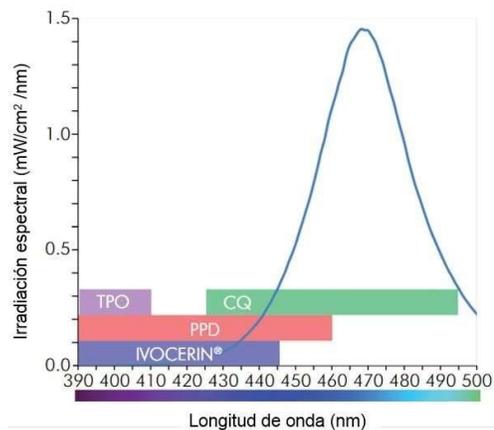


Figura 19. Perfil de emisión de una lámpara LED 1era generación; TPO: Lucirin, CQ: Canforoquinona, PPD: Fenilpropanidiona (4).

4.1.5.4.2 Segunda generación (2002).

Tienen una potencia de 900 mW/cm^2 , y poseen un chip, el cual produce más irradiancia que un sólo LED, lo que minimiza el tiempo de exposición (5).

El tiempo de vida de las lámparas se vio afectado, debido a la alta temperatura que emiten, por ello se utilizaron ventiladores internos o disipadores de calor, como se puede observar en la figura 20 (21).



Figura 20. Lámparas LED de segunda generación (5).

Presentan 16 barras de emisión, como se muestra en la figura 21, y después se incorporaron chips de mayor potencia, lo cual aumentó la salida de radiación y una fotopolimerización efectiva en un tiempo más corto (4).

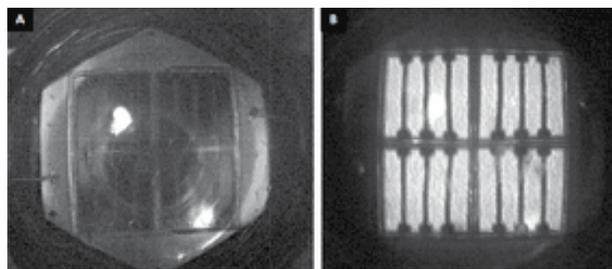


Figura 21. Chips LED de segunda generación apagados/encendidos (4).

Son capaces de activar a fenilpropanidiona y canforoquinona, pero no fue posible su interacción con Lucirin TPO® e Ivocerin®, ya que no estaba disponible, como se observa en la figura 22 (4).

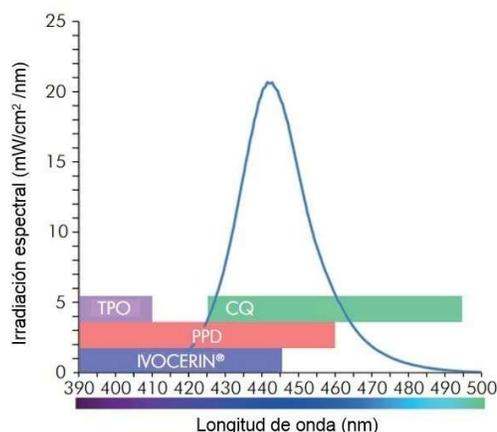


Figura 22. Perfil de emisión de una lámpara LED 2da generación; TPO: Lucirin, CQ: Canforoquinona, PPD: Fenilpropanidiona (4).

4.1.5.4.3 Tercera generación (2003).

Para obtener restauraciones con mayor valor de color y aumentar la profundidad de fotopolimerizado, se utilizaron diferentes fotoiniciadores, y se implementó más de un color en los chips LED's. Se combinaron longitudes de onda violeta y azul, como se representa en la figura 23 (4).

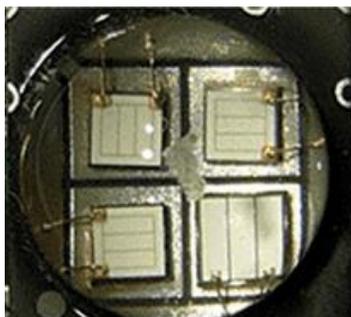


Figura 23. El chip inferior derecho emite luz ultravioleta y los demás luz azul (4).

En una lámpara se utilizó un LED azul de alto voltaje, y se colocó en el centro, mientras que lo rodeaban 4 LED's violetas de menor potencia, como se observa en la figura 24 (4).



Figura 24. Lámpara Ultrame 5 Ultradent® (4).

En la luz de estilo Bluephase® se utilizan dos LED´s azules en la parte de abajo, y uno violeta arriba como se muestra en la figura 25 (4).



Figura 25. Luz Bluephase® (4).

Es importante tomar en cuenta que, en las lámparas con LED´s combinados, la emisión de luz azul se reduce, en comparación de una que es únicamente de luz azul.

Por lo tanto, hay menos potencial para que se active la canforoquinona, en profundidades compuestas, pero al combinarse con otro fotoiniciador como Lucirin TPO® o Ivocerin®, se mejora el fotopolimerizado del material.

Las lámparas de esta generación funcionan con todos los fotoiniciadores, especialmente para canforoquinona, fenilpropanidiona y Lucirin TPO®, como se observa en la figura 26 (4).

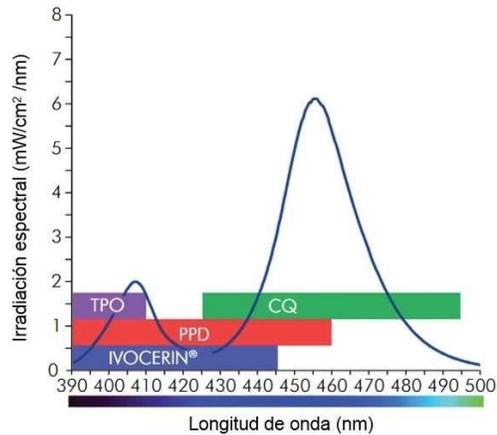


Figura 26. Perfil de emisión de una lámpara LED 3era generación; TPO: Lucirin, CQ: Canforoquinona, PPD: Fenilpropanidiona (4).

Poseen una potencia de más de 1000 mW/cm² (5). Las lámparas de esta generación pueden controlar la radiación que emiten, y ser útiles cuando se necesitan tiempos cortos de exposición, como en el caso de odontopediatría (21). Además, consume entre 5 y 10 veces menos energía que una lámpara de bombilla halógena, y 20 veces menos que una de arco plasma (14).

Algunas tienen guías de fibra óptica que se pueden extraer, y otras presentan un conjunto de chips que se colocan en la punta, esto hace que la luz salga sobre el material, creando una transferencia directa, y es más fácil su colocación dentro de la boca, como se muestra en la figura 27 (4).



Figura 27. Lámparas LED tercera generación (4).

Las puntas de luz turbo, aumentan la irradiancia cuando la punta está cerca del material, pero en una distancia mayor a 5 mm tiene colimación más baja que las puntas de luz convencionales (14).

Las lámparas LED, generan en las resinas compuestas, mejores propiedades mecánicas y máxima polimerización (21).

Actualmente utilizan baterías de iones de litio que duran entre 30 minutos y más de 3 horas, o bien, pueden ser alámbricas (4).

Los LED`s se organizan de diferentes maneras, en las tres generaciones de lámparas LED, como se muestra en la figura 28 (21).



Figura 28. a) LED`s en forma concéntrica 1era generación, b) LED`s organizados en chips 2da generación, c) Combinación de 4 LED`s que emiten luz azul y ultravioleta 3ra generación (21).

Lámparas LED.

Ventajas	Desventajas
Portátiles, ergonómicas.	Rango espectral angosto (CQ).
Poco consumo eléctrico, funciona con baterías.	Originan calor en el chip.
Los diodos no pierden intensidad lumínica y son de larga duración (5.000 horas).	Originan calor en la punta.
No producen radiación calorífica no deseada.	
No requiere de un ventilador.	
Tiene diferentes modos de fotopolimerizado.	
Menos tiempo de curado si son potentes.	

Tabla 4. Ventajas y desventajas de las lámparas LED (5,15).

Se debe tener precaución al comprar las lámparas por internet, ya que prometen tiempos de exposición muy cortos, pero muchas de ellas, no han sido sometidas a ninguna prueba por las organizaciones reguladoras. En algunos estudios se ha demostrado, que la uniformidad del haz es muy pobre, y no pueden mantener los niveles de salida de la luz durante la fotopolimerización. El correcto funcionamiento de las restauraciones depende de la calidad de luz que se utiliza (4).

4.1.5.4.4 Cuarta generación.

MiniLed™ (Acteon), fue la primera lámpara LED de esta generación en salir a la venta, cuenta con escaneo de longitud de onda, para elegir la irradiancia y el tiempo correcto para el material a utilizar, se puede observar en la figura 29 (14).



Figura 29. Lámpara MiniLed™ (Acteon) (14).

Funciona para cualquier fotoiniciador, y es capaz de reducir el calor que se generaba en las lámparas de alta potencia de segunda y tercera generación, además de minimizar el estrés por contracción.

Cuenta con una guía óptica extraíble para su esterilización, esto descarta el uso de barreras, que pueden afectar la irradiancia.

También está disponible de forma alámbrica y cuenta con un anillo LASER, que controla el área que será fotopolimerizada, como se muestra en la figura 30 (14).



Figura 30. Anillo láser (14).

4.1.6 Fotoiniciadores.

Los fotoiniciadores sensibles al rango de 390 a 495 nm, aproximadamente, se describen individualmente a continuación.

4.1.6.1 Canforoquinona (CQ)

Es el más utilizado, debido a su amplia sensibilidad al rango de longitud de onda. Consiste en un donador y un receptor de protones, entre una molécula de amina terciaria. Esta amina forma la fotopolimerización por medio de los radicales libres.

La canforoquinona es de color amarillo, por lo tanto, las restauraciones tienden a presentar esa tonalidad. Por esa razón, se buscó reemplazar la canforoquinona por completo o al menos reducir su concentración, combinándola con otro fotoiniciador, como se observa en la figura 31 (4).

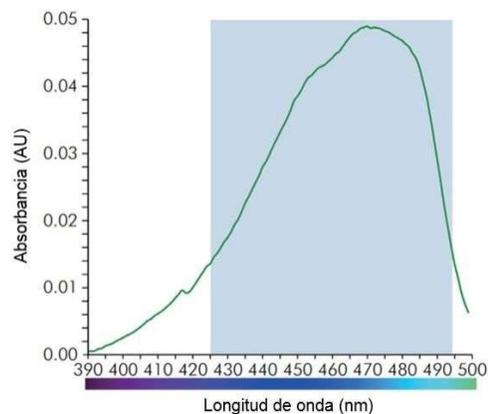


Figura 31. Absorción de luz visible entre 425 y 495 nanómetros (4).

4.1.6.2 Lucirin® TPO

Es de la casa comercial Irgacure®, químicamente es óxido de 2,4,6-trimetilbenzoildifenilfosfina, un tiempo se utilizó como el único fotoiniciador, aunque en la actualidad se combina con la canforoquinona y con otros fotoiniciadores, para realizar una correcta fotopolimerización de la resina y

disminuir el color amarillo de las restauraciones. Es muy sensible a la luz violeta o ultravioleta, como se muestra en la figura 32 (4).

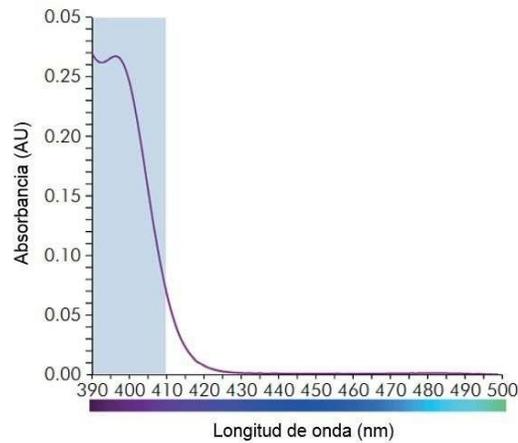


Figura 32. Absorción de luz visible entre 390 a 410 nanómetros (4).

4.1.6.3 Fenilpropanidiona (PPD)

Es un fotoiniciador con valores de absorción en la región espectral azul. Suele combinarse con la canforoquinona, para mejorar la fotopolimerización de la resina y disminuir la velocidad en la que ocurre, también reduce el color amarillo de la restauración (4).

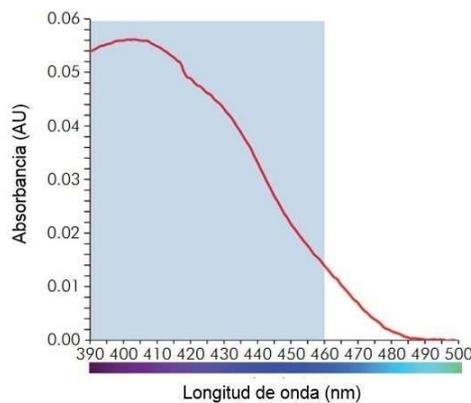


Figura 33. Absorción de luz visible entre 390 a 460 nm (4).

4.1.6.4 Ivocerin®

Es un derivado de dibenzoil germanio, dentro de los fotoiniciadores de onda corta, es el que tiene un espectro de absorción de onda más amplio, como se muestra en la figura 34. Al estar patentado, sólo se comercializa por Ivoclar Vivadent (4).

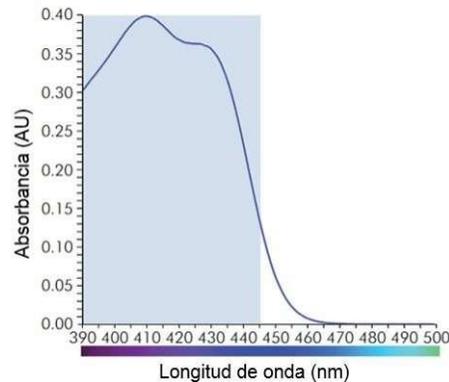


Figura 34. Absorción de luz visible entre 390 a 445 nm (4).

4.1.7 Intensidad o irradiancia lumínica

Es la potencia total o cantidad de luz emitida por una lámpara de fotopolimerizar, en una determinada velocidad y tiempo. Se expresa en mili watts (mW). Un mW es la milésima parte de un watt y corresponde a la potencia de una corriente eléctrica, la cantidad de electrones que pasan por un espacio a una velocidad dada en un tiempo dado. Además, también se puede expresar en equivalencia a un joule/segundo (J/s).

Una resina compuesta de 2 mm de grosor necesita de 16 joules para fotopolimerizar adecuadamente, es decir, de 350 a 400 mW/cm² (15,23).

Un miliwatt es la milésima parte de un watt, que es la unidad de medida que se utiliza para la corriente eléctrica. El joule es una medida de energía y equivale a la energía que genera un watt en un segundo, para calcular el tiempo de exposición que se necesita para una resina se divide 16,000 que equivale a 16 joules, entre la potencia de la lámpara, por ejemplo 16,000/800 mW/cm²= 20 segundos (15).

En las lámparas LED hay una opción que va de 1000 a 3000 mW/cm² para tener un fotopolimerizado rápido en ortodoncia (14).

4.1.7.1 Métodos para su medición

Visualmente no es posible determinar si la intensidad de la luz se encuentra en un rango adecuado, incluso tocar el material restaurador tampoco es un método fiable, ya que se puede sentir duro en la superficie, pero por dentro puede haber resina que no ha sido completamente fotopolimerizada (19).

Para evaluar que las lámparas para fotopolimerizar tengan un correcto desempeño, es importante revisar de forma rutinaria la intensidad de la luz que emiten. Esto se logra por medio de un aparato llamado radiómetro, de esa forma se puede corroborar si presenta alguna disminución en la intensidad y por lo tanto, se podrán tomar precauciones como aumentar el tiempo de fotopolimerizado, a fin de que se lleve a cabo correctamente. El radiómetro determina la intensidad de las lámparas en mW/cm².

Los radiómetros pueden ser de dos tipos, cuantitativos y cualitativos. Los cuantitativos dan el valor numérico de la potencia de la lámpara, y los cualitativos, indican si la potencia es adecuada o no, mediante cierto color en una escala cromática (18).

Hay radiómetros digitales, o bien, con una aguja que marca el número de la intensidad obtenida. En ocasiones las lámparas tienen incluido un radiómetro, pero también se puede adquirir por separado. Los radiómetros habituales solo pueden medir la intensidad de las lámparas LED o halógenas, pero no funcionan para las de arco plasma o LASER.

Los radiómetros pueden dar intensidades diferentes para cada lámpara, esto se debe, a que el sensor es de diferente diámetro, que la punta de la lámpara. Si la punta es más pequeña que el sensor, la intensidad será menor a la original y si la punta es más grande que el sensor, el resultado será mayor al original (6).

Las consecuencias de tener baja intensidad lumínica en las lámparas, es que se altera la resistencia a la compresión (24).

La intensidad lumínica puede afectarse y bajar sus niveles, cuando la punta guía presenta irregularidades como roturas o ralladuras, o por residuos de biomateriales a base de resina compuesta, color y forma de la misma. Al esterilizar la punta de fibra óptica de la lámpara, se pueden presentar fracturas o residuos de composite fotopolimerizado, por esa razón es importante revisarla (4).

4.1.8 Distancia de las lámparas al material

Rueggeberg, Giannini y Cols. midieron la intensidad lumínica a diferentes distancias, evidenciando que conforme hay más distancia entre el diente y la punta guía, se obtiene menor potencia lumínica de las lámparas. Los fabricantes especifican cuál es la potencia de la lámpara, pero sólo se centran en la punta de la luz, por lo tanto, al realizar el fotopolimerizado, las resinas reciben menos irradiancia, debido a que algunas lámparas entregan solo el 25% o menos de su potencia original, lo cual debe ser tomado en cuenta para que la distancia de la luz no afecte al material restaurador.

La región más alejada de la lámpara es el margen gingival, por esa razón es común que pueda presentar caries. En cajas proximales profundas debe aumentarse el tiempo a 40 o 60 segundos con una potencia de 600 mW/cm², esto debe aplicarse incluso si la potencia de la lámpara es mayor a 1000 mW/cm². A continuación se muestra un ejemplo de cómo afecta la distancia de la lámpara en la potencia que genera, en la figura 35 (4).

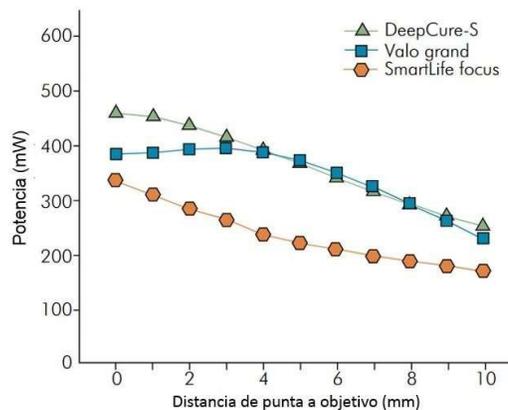


Figura 35. Lámparas a diferentes distancias (4).

También se debe considerar la uniformidad de la luz, pues se ha comprobado, que diferentes lámparas LED's, no la distribuyen de manera correcta en la punta (como se muestra en la figura 36). Para realizar ese estudio se utilizan analizadores de rayos LASER, que toman una imagen y miden en qué parte fue emitida la luz. En los puntos con alta temperatura, se marca la alta intensidad en la luz, y en los puntos fríos, muy poca. Al poner las imágenes en la cavidad, se pueden observar las partes que no se fotopolimerizan correctamente, como se puede observar en la figura 37 (4).

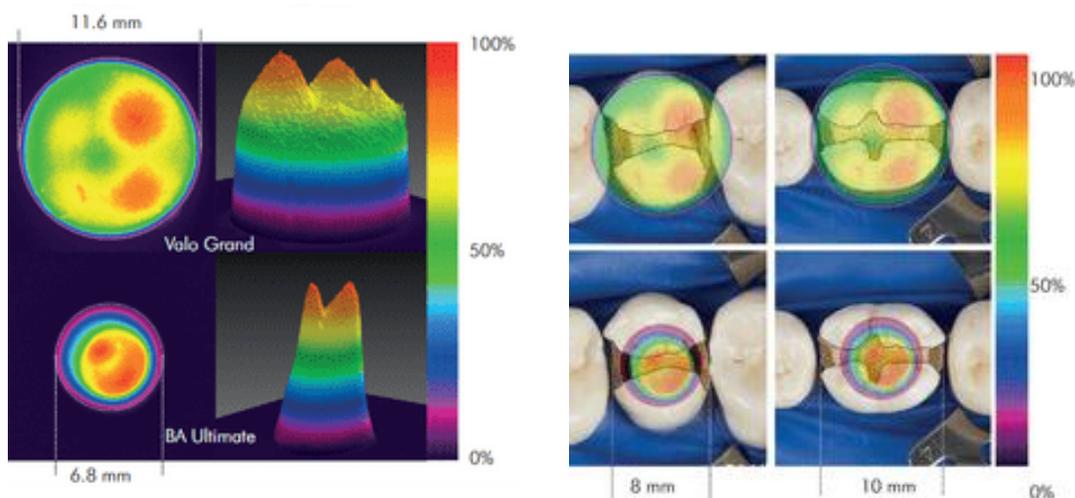


Figura 36. Uniformidad del haz de luz (4). Figura 37. Vista en el diente (4).

Algunas lámparas LED de tercera generación, pueden utilizar menos de 300 mW/cm² durante 40 segundos, sin tener un aumento de temperatura evidente (14).

4.1.9 Daño ocular y protecciones

La luz azul emitida por las lámparas de fotopolimerización, no debe ser observada directamente, porque puede causar lesiones irreparables a nivel de los conos y bastones en la retina del ojo humano, además acelera su envejecimiento y la degeneración macular (17,25).

El operador, asistente y paciente, deben utilizar gafas de protección, las cuales contienen filtros que bloquean la luz azul, puesto que no se debe mirar, aunque sea por un tiempo corto (25).

Las lámparas también cuentan con un protector o pantalla. Para saber si tienen un correcto funcionamiento se puede interponer entre la punta y el material, en el radiómetro o bien en los lentes de protección, midiendo la potencia de la lámpara.

El radiómetro debería marcar una intensidad igual a 0 mW/cm². Otra forma, será colocar resina compuesta, y fotopolimerizar a través de la protección ambar, a fin de evitar el paso de la luz azul adecuadamente, la resina colocada entre los lentes de protección o la pantalla no debe estar fotopolimerizada (18) Si se observa la luz directamente durante el primer segundo, antes de mirar hacia otro lado, en siete ciclos de fotopolimerización se exceden los niveles de exposición que se podrían admitir diario.

Las personas que han sido sometidas a cirugía de cataratas, o que toman algún medicamento fotosensibilizante, pueden tener un daño en la retina, incluso con una menor exposición (4).

4.1.10 Control de infecciones.

Se ha implementado el uso de barreras sobre las lámparas y las guías de luz, sin embargo, las que vienen preformadas, no facilitan la transmisión de la luz, algunas incluso reducen su potencia hasta en un 40%. Se recomienda la esterilización en frío utilizando una solución (4).

4.1.11 Problemas en el OD por sistemas de fotopolimerización

4.1.11.1 Calor

Las lámparas de fotopolimerizar generan calor cuando se colocan en el diente, al igual que las resinas compuestas que presentan una reacción exotérmica al momento de fotopolimerizarlas. Al combinarse estas dos fuentes de calor, se eleva la temperatura en la pulpa del diente, en cavidades profundas que

presentan al menos 1 mm de dentina sobre la pulpa. Al haber un aumento de al menos 6° C se puede causar una reacción inflamatoria, e incluso llegar a la necrosis pulpar, por ello se debe colocar un recubrimiento o una base antes de colocar la resina compuesta (25).

También se pueden presentar lesiones en el tejido gingival, aún con la utilización del dique de goma, ya que no impide que se dé un aumento de temperatura (4).

Un incremento en la temperatura puede afectar el cemento, ligamento periodontal y hueso alveolar. Cuando aumenta 6°C se presenta desnaturalización de las proteínas, anquilosis y reabsorción ósea (11).

Las lámparas con mayor irradiancia, generan más calor que las que tienen un nivel más bajo, y de igual forma, depende de los tiempos de exposición. Se ha demostrado que las lámparas LED's de segunda y tercera generación, generan una gran cantidad de calor, igual que las lámparas halógenas o incluso una temperatura mayor.

Las unidades LED's con implementación de impulsos en su funcionamiento, reducen la temperatura de la pulpa y las que tienen diodos colocados directamente en la punta, generan más calor.

El tiempo de exposición, no debe ser mayor a 10 segundos cuando la irradiancia está entre 2000 y 3000 mW/cm².

Un espesor de 3mm compuesto por dentina y esmalte, tiene la capacidad de absorber y almacenar el calor, para proteger a la pulpa del cambio de temperatura. Por otro lado, si el piso pulpar es muy delgado, se creará un mayor aumento de temperatura, incluso si el tiempo de exposición es más corto (4).

Las lámparas que tienen una irradiancia mayor a 1200 mW/cm² en un tiempo de 60 segundos, pueden aumentar la temperatura en dientes vitales, por ello

en tiempos de exposición prolongados se debe aplicar aire o bien esperar de 2 a 3 segundos entre cada exposición de 10 segundos (4).

4.1.11.2 Restauración.

Debido al fotopolimerizado rápido de las lámparas, se crea una elevada tensión interna, lo que puede provocar un desajuste marginal, así como una temperatura elevada (4).

5. Planteamiento del problema.

En el mercado existe amplia variedad de marcas de lámparas de fotopolimerización, de diferentes intensidades lumínicas y costos, sin embargo, liderea el consumo de las más económicas, poniendo en duda la calidad y eficiencia de las mismas. En la Facultad de Odontología de la UNAM, es de vital importancia que los alumnos cuenten con su equipo individual, se adquiere generalmente en el segundo año de la carrera, lo cual genera los siguientes cuestionamientos:

1. ¿Qué marca comercial y tipo de lámpara de fotopolimerización impera entre los alumnos de segundo año?
2. ¿Cuál es la intensidad lumínica y temperatura generada de dichas lámparas?

6. Justificación.

Es de suma importancia conocer la intensidad que tiene la luz de la lámpara de fotopolimerización, ya que normalmente se desconoce y es un factor que se debe tomar en cuenta para que los materiales restauradores tengan buenas propiedades físicas, mecánicas y biológicas.

La intensidad lumínica debe ser constante y alta para poder obtener restauraciones con las mejores propiedades, asegurando su longevidad en boca, sin embargo, entre mayor irradiancia mayor generación de calor de las lámparas, premisa poco empleada por los fabricantes, si bien, tenemos la información sobre la potencia de la luz emitida, no contamos con información sobre el calor producido de las mismas, lo que genera completo desconocimiento del posible daño generado sobre el diente vital.

Algunos sistemas de fotopolimerización, cuentan con radiómetros para medir la potencia, pero no con sensores de temperatura. En la literatura se marca la importancia de la evaluación constante de la intensidad lumínica, pero no se hace énfasis en el calor generado. Por ello, en este estudio se midió y evaluó la generación del calor.

Los dentistas generalmente, desconocen qué factores son importantes al tomar la decisión de que lámpara de fotopolimerizado comprar, normalmente no toman en cuenta que algunas no están reguladas, incluso no presentan alguna marca comercial visible y no se indica la potencia que poseen. Esto puede representar un factor de riesgo para la vitalidad de los dientes, pues en ocasiones los mismos pacientes refieren que les quema cuando exponemos el diente y los tejidos a la lámpara. Esta situación se presenta normalmente cuando realizan la compra de la lámpara en línea o bien a vendedores externos.

También ignoran que el tiempo de exposición de la lámpara va de acuerdo a la intensidad lumínica con la que cuenta, pues dan por sentado que siempre son 20 segundos para un grosor de 2 mm en una resina compuesta.

7. Objetivos.

7.1 General.

Medir la intensidad lumínica y la temperatura de las lámparas de fotopolimerización de alumnos de 2° año de licenciatura de la Facultad de Odontología UNAM y de los alumnos de primer y segundo año de la especialidad de Restauradora Avanzada en Posgrado.

7.2 Específicos.

1. Medir la intensidad lumínica de las lámparas de fotopolimerización por medio de un radiómetro digital a 10 y 20 segundos.
2. Medir el calor emitido de las lámparas de fotopolimerización, por medio de un termómetro digital en el lapso de tiempo de 10 y 20 segundos.
3. Evaluar la relación entre la intensidad y la temperatura emitida.

8. Hipótesis.

8.1 Nula.

Las lámparas de fotopolimerización económicas no serán las predominantes.

La intensidad lumínica de las lámparas de fotopolimerización, será de una intensidad mayor a 2000 mW/cm^2 .

La temperatura emitida será mayor a $50 \text{ }^\circ\text{C}$.

8.2 De trabajo.

Las lámparas de fotopolimerización económicas serán las predominantes.

La intensidad lumínica de las lámparas de fotopolimerización, será de una intensidad no mayor a 2000 mW/cm^2 .

La temperatura emitida será menor a $50 \text{ }^\circ\text{C}$.

9. Tipo de Estudio.

Experimental, transversal.

10. Universo de Estudio.

Lámparas de fotopolimerización de alumnos de segundo año de la carrera de la Facultad de Odontología UNAM y alumnos de primer y segundo año de la especialidad de Restauradora Avanzada en Posgrado.

11. Variables.

Variable	Definición	Unidad de medida	Forma de medición
Irradiancia	Es la cantidad de luz emitida por una lámpara de fotopolimerizar, en una determinada velocidad y tiempo.	mW/cm ²	Radiómetro.
Calor	Es la energía que se transmite por medio de un aumento de temperatura.	°C	Termómetro.

12. Metodología.

Se realizó una carta (ver anexo 1) para la autorización de cada titular de los diferentes grupos de licenciatura, así como para posgrado.

Al tener la autorización, se determinó fecha y hora por grupo de la asignatura, en horario de laboratorio y clínica para la especialidad. Se dispuso de un espacio adecuado, para realizar las mediciones.

Los datos fueron recabados en hojas de papel, registrando la marca de cada lámpara, así como si eran nuevas [N], o seminuevas [SN].

La intensidad fue medida mediante un radiómetro digital completamente nuevo de la marca LED Light Meter®. Se verificó que la guía se encontrara limpia y sin residuos, para después colocarla sobre el sensor del radiómetro. La guía se mantuvo pegada en el centro del sensor, para que no hubiera errores en la medición. Se activó en modo *High*, siempre que tuviera el programa la lámpara. Así mismo, no se utilizó el programa en rampa o suave.

Se midió a los 10 segundos, e inmediatamente se verificó la temperatura, sin que hubiera ningún movimiento. El calor emitido, fue registrado mediante un termómetro digital nuevo, Zhengzhou de la marca AIQURA®. Posteriormente, se midió la intensidad a los 20 segundos de exposición, repitiendo el procedimiento para medir el calor emitido.

13. Resultados.

Se cubrieron 14 grupos de 15 de la licenciatura, así como los grupos de 1º y 2º año de la Especialidad de Odontología Restauradora Avanzada. Los datos fueron recabados en una hoja de excel. Se ordenaron de acuerdo a la marca comercial, y se contabilizaron como se muestra en la tabla 5 y figura 38. La lámpara de mayor prevalencia fue la Woodpecker LED B®. Las lámparas fueron mayoritariamente nuevas.

No.	Marca	Cantidad
1	Woodpecker LED B [N]	76
2	RTA mini S [N]	64
3	Woodpecker LED H [N]	62
4	Bluephase N MC [N]	23
5	Curing Light [SN]	14
6	Woodpecker i Led [N]	13
7	DTE LUX V [N]	6
8	DTE LED C	6
9	DTE LUX I [N]	4
10	Odontum [N]	5
11	Prime LED [N]	5
12	Bluephase Style [N]	4
13	Super LED Light [N]	3
14	PRO-DENT [SN]	3
15	AZDENT	3
16	TFZ [N]	3
17	Roentgen [N]	2
18	Med Plus Q7 [N]	2
19	D-2000 [N]	2
20	6 b [N]	2
21	Mega Light CL [SN]	1
22	LED B [N]	1
23	PRO Light [N]	1
24	LED [N]	1
25	Valo GRAND [N]	1
26	3M ESPE Elipar DeepCure-L [N]	1
27	CAVEX BlueLex	1
28	Lorma [SN]	1
29	LED LY-A180 [N]	1

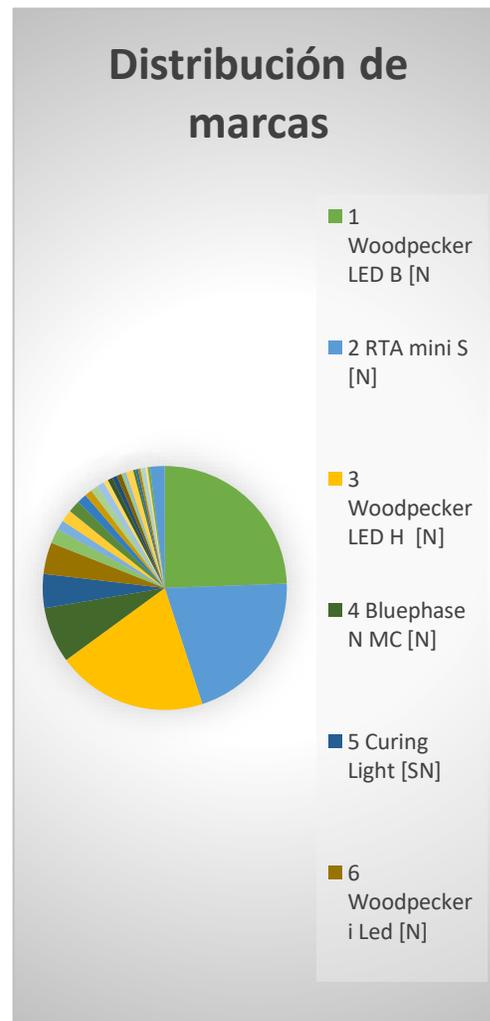
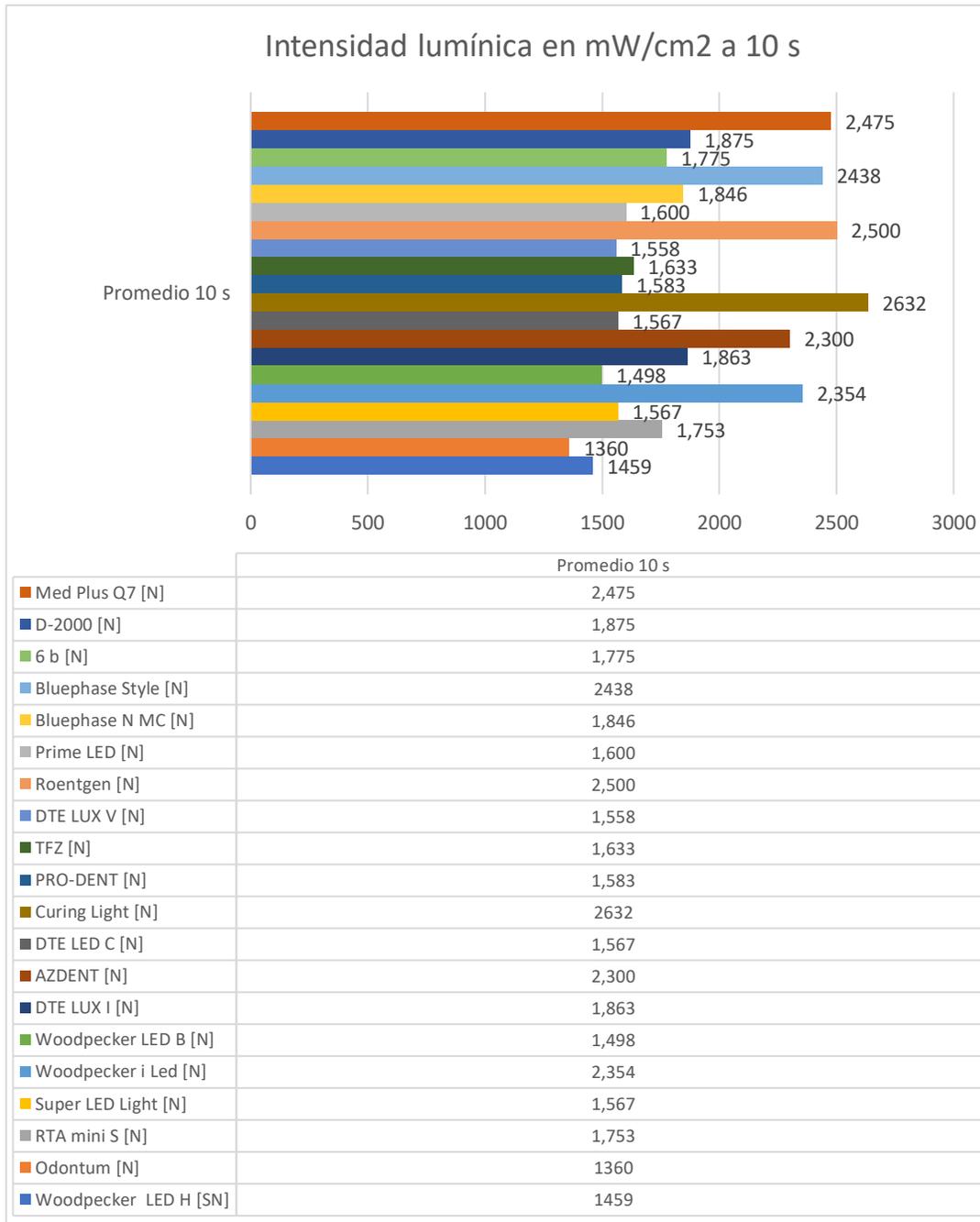


Figura 38. Lámparas más utilizadas.

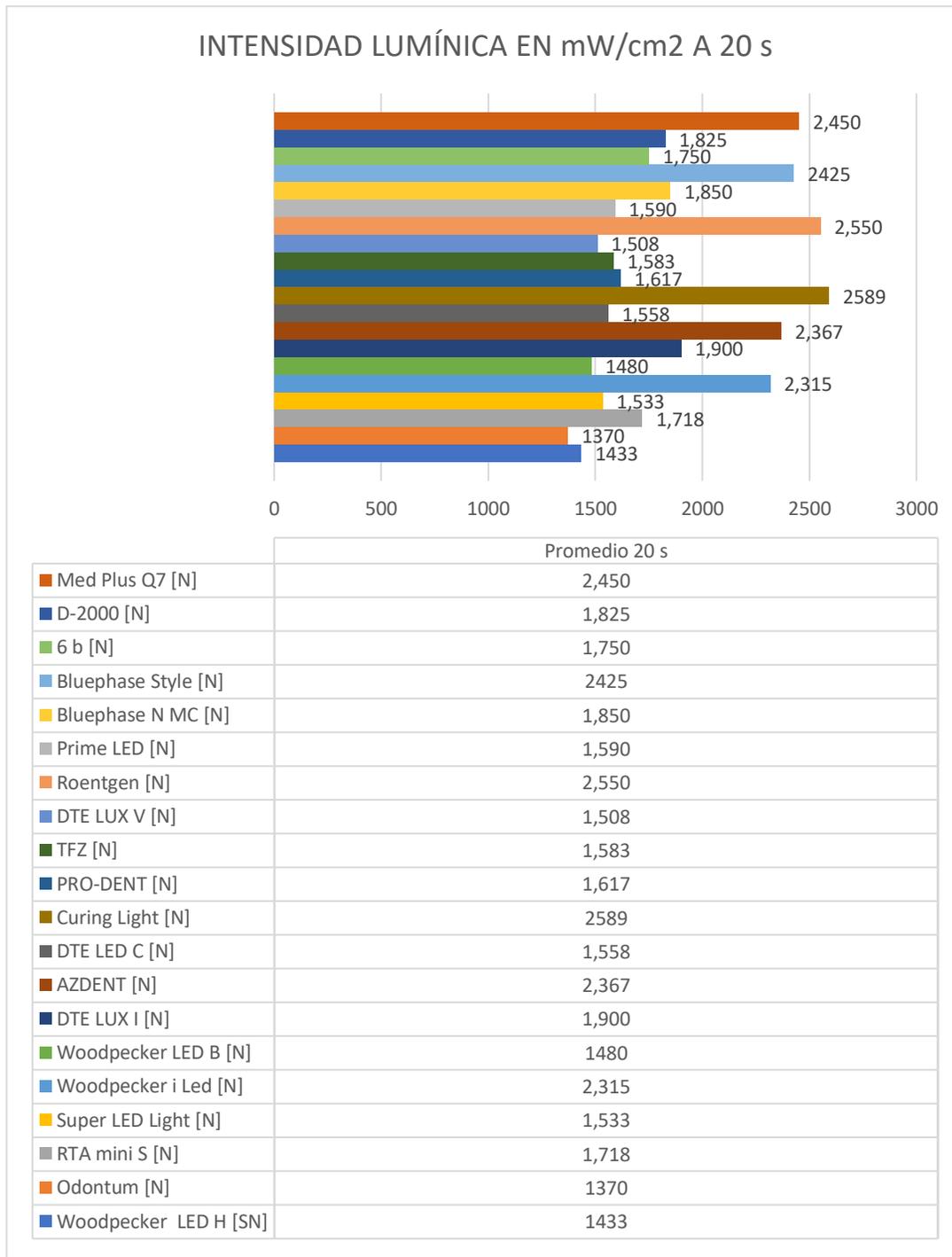
Tabla 5. Cantidad global de lámparas.

La intensidad lumínica a 10 segundos fue mayor para la lámpara Curing Light [SN] ® con un valor de 2632, equivalente a 16 Jouls y a 6 segundos de aplicación, y la de menor fue para la Odontum [N] ® con un valor de 1360, equivalente a 16 Jouls y a 12 segundos de aplicación.



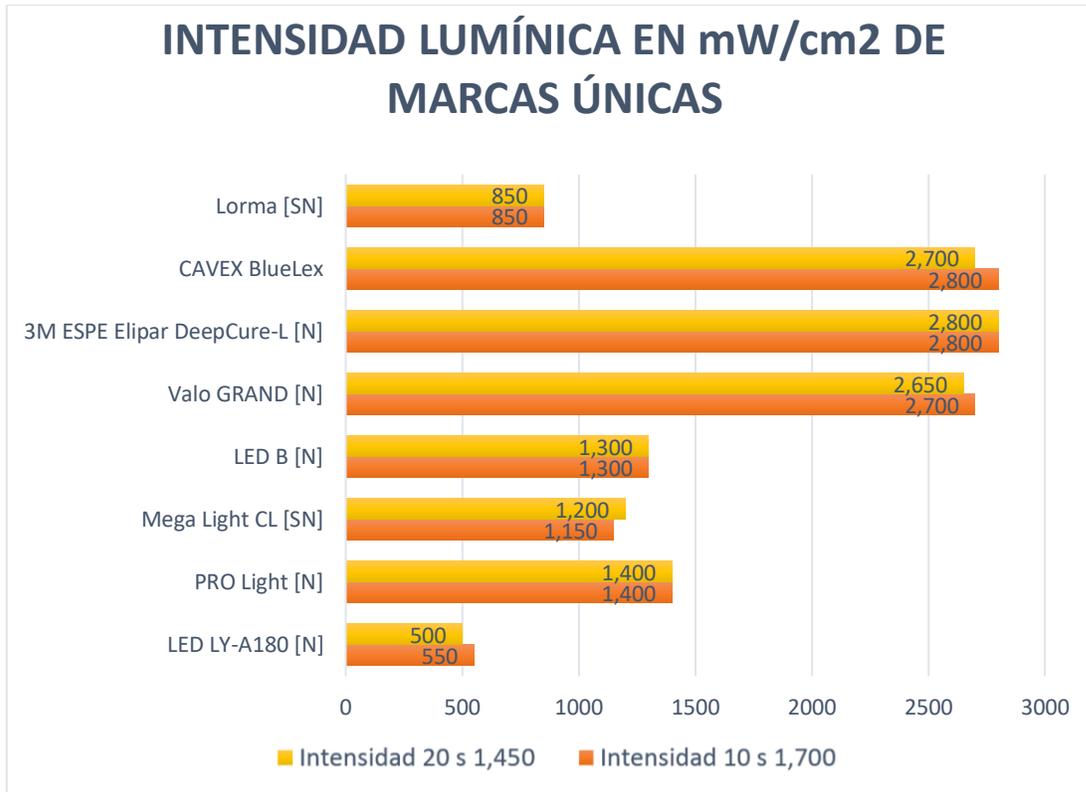
Gráfica 1. Intensidad lumínica de las lámparas a los 10 segundos.

La intensidad lumínica a 20 segundos corresponde con los datos a 10 segundos, no se observa diferencia significativa.



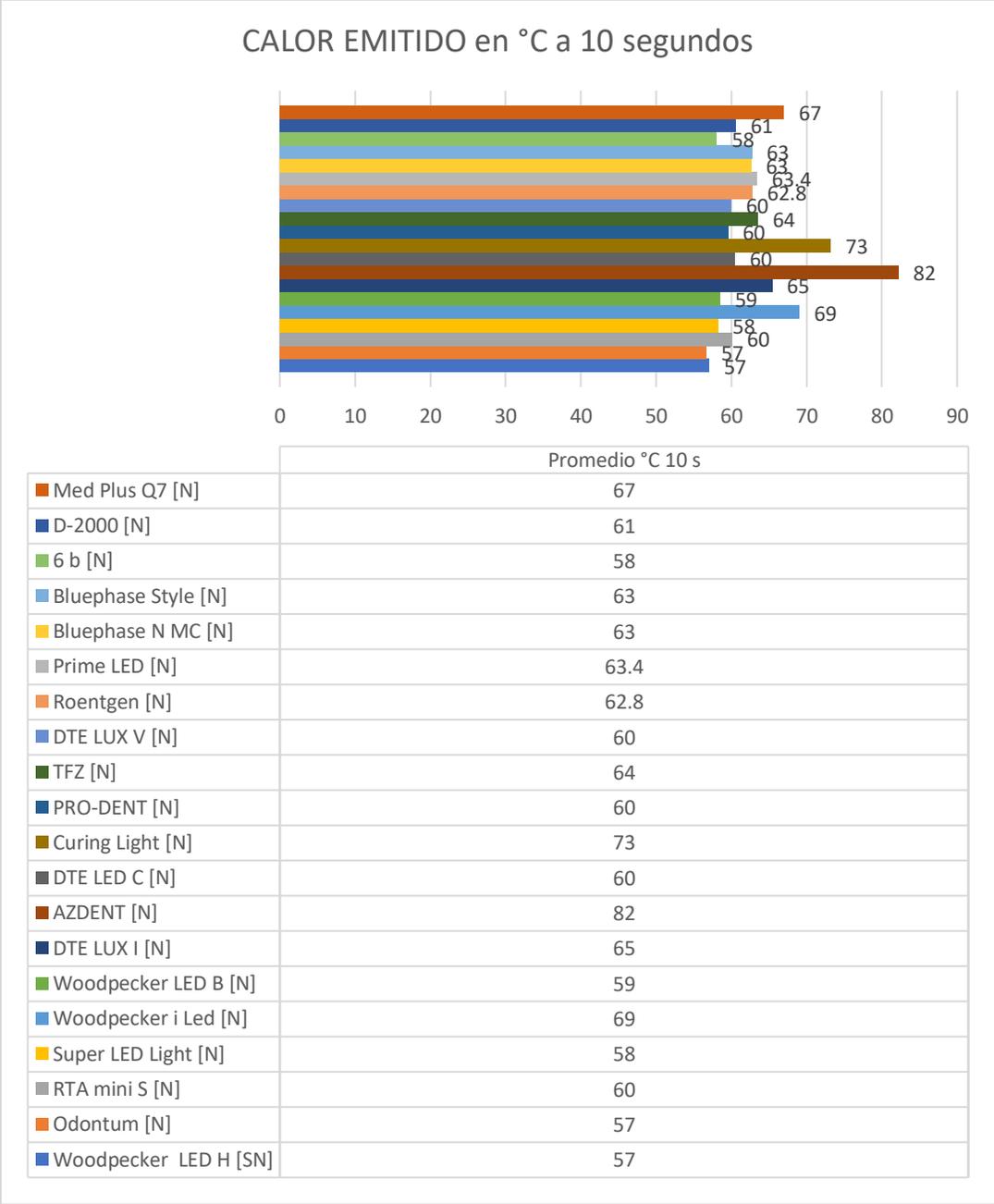
Gráfica 2. Intensidad lumínica de las lámparas a los 20 segundos.

Por otro lado, no se pudo obtener el promedio de algunas marcas, porque sólo se contabilizó 1 lámpara de fotopolimerización, por ello, se muestran los resultados de las mediciones a 10 y 20 segundos en otra gráfica de barras como sigue a continuación.



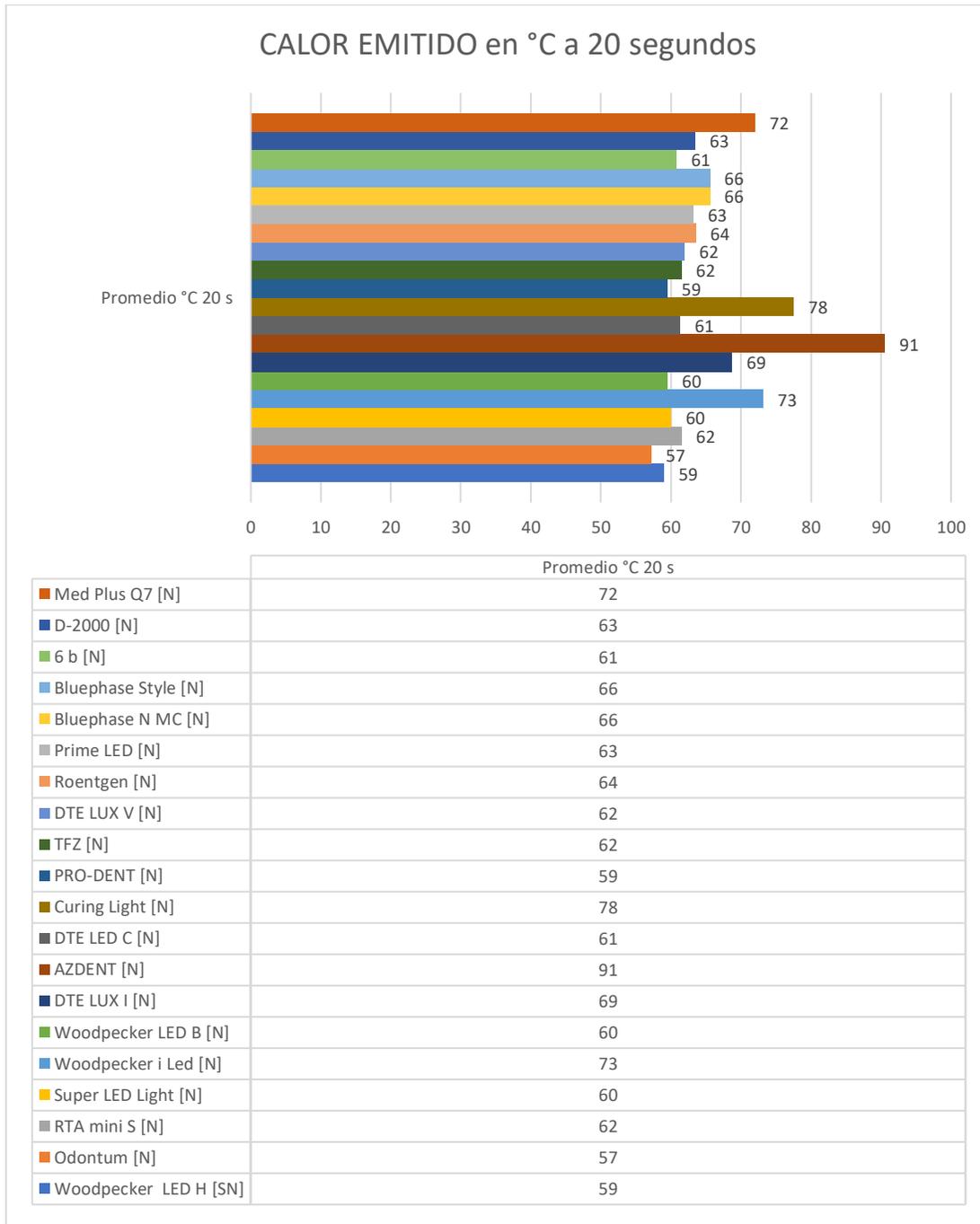
Gráfica 3. Lámparas únicas en el estudio.

Los resultados del calor emitido a 10 segundos, se detallan en la gráfica no. 4. El valor mayor fue para la lámpara AZDENT [N] ® con 82 °C de calor. Y el menor fue para Odontum [N] ® y Woodpecker LED H [SN] ® con 57°C de calor.



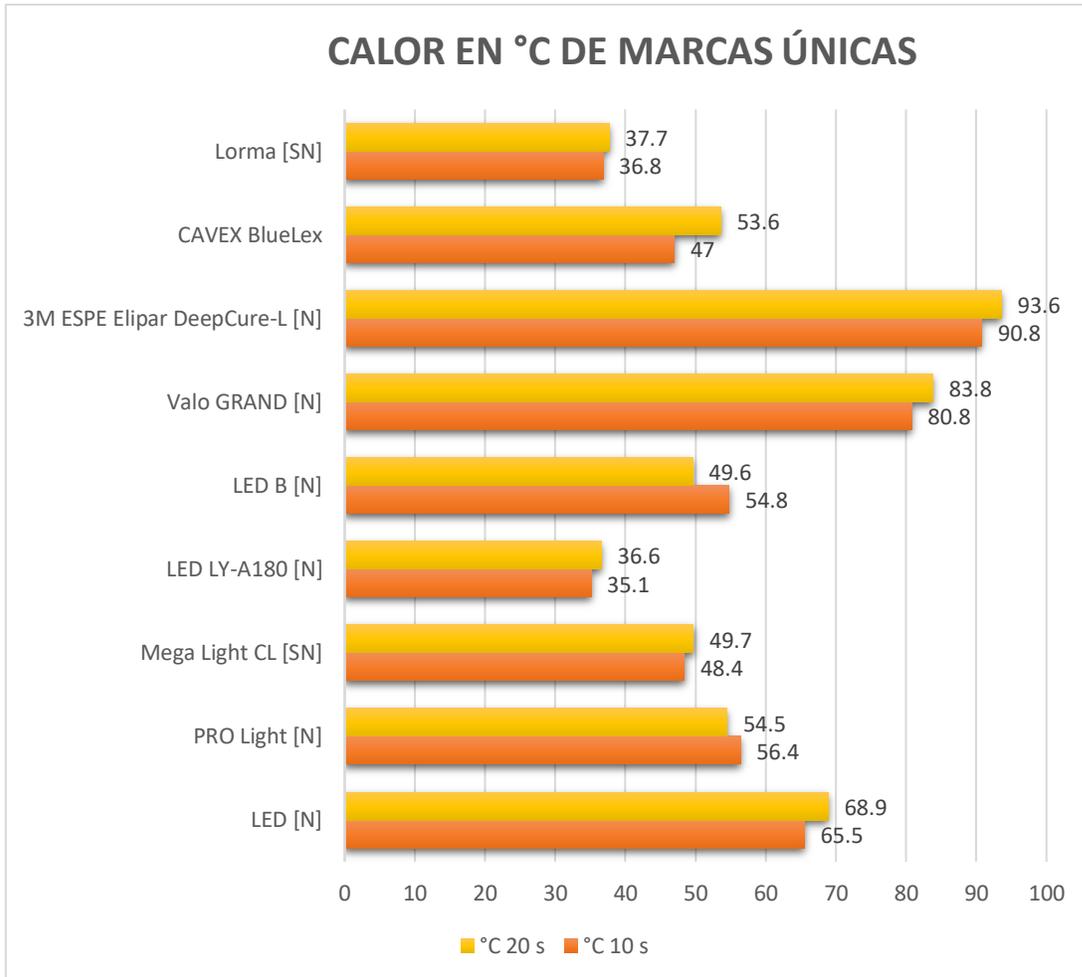
Gráfica 4. Promedio de temperatura en °C a los 10 segundos.

Los resultados del calor emitido a 20 segundos, se describen en la gráfica no. 5. El valor mayor fue para la lámpara AZDENT [N] ® con 91 °C de calor. Y el menor fue para Odontum [N] ® con 57°C de calor.



Gráfica 5. Promedio de temperatura en °C a los 20 segundos.

Por otro lado, no se pudo obtener el promedio de temperatura de algunas marcas, porque sólo se contabilizó 1 lámpara de fotopolimerización, por ello, se muestran los resultados de las mediciones a 10 y 20 segundos en otra gráfica de barras como sigue a continuación.



Gráfica 6. Lámparas únicas en el estudio.

Marca	Promedio de intensidad en mW/cm ² a los 10 s	Tiempo de exposición ideal de acuerdo a la intensidad
D-2000 [N]	1,875	9 s
6 b [N]	1,775	9 s
Bluephase Style [N]	2,438	7 s
Bluephase N MC [N]	1,846	9 s
Prime LED [N]	1,600	10 s
Roentgen [N]	2,500	6 s
DTE LUX V [N]	1,558	10 s
TFZ [N]	1,633	10 s
PRO-DENT	1,583	10 s
Curing Light [N]	2,632	6 s
DTE LED C [N]	1,567	10 s
AZDENT [N]	2,300	7 s
DTE LUX I [N]	1,863	9 s
Woodpecker LED B [N]	1,498	11 s
Woodpecker i Led [N]	2,354	7 s
Woodpecker LED H [SN]	1,459	11 s
Super LED Light [N]	1,567	10 s
RTA mini S [N]	1,753	9 s
Odontum [N]	1,360	12 s
Lorma [SN]	850	19 s
CAVEX BlueLex [N]	2,800	6 s
3M ESPE Elipar DeepCure-L [N]	2,800	6 s
Valo GRAND [N]	2,700	6 s
LED B [N]	1,300	12 s
LED LY-A180 [N]	550	29 s
Mega Light CL [SN]	1,150	14 s
PRO Light [N]	1,400	11 s
LED [N]	1,700	9 s
Med Plus Q7 [N]	2,475	6 s

Tabla 6. Tiempo de exposición correspondiente a la intensidad promedio de cada marca comercial para alcanzar un buen grado de conversión o polimerización. 16,000J/Intensidad lumínica.

14. Discusión

Konerding, Heyder y Cols., encontraron que la lámpara Celalux 2® obtuvo una irradiancia de 1,969.8 mW/cm², cuando el fabricante refiere sólo 1,000 mW/cm² (10). Coincide con lo reportado en el presente estudio, ya que en la lámpara Woodpecker LED B® el fabricante indica de 850-1,000 mW/cm² y en el estudio obtuvo una intensidad promedio de 1,498 mW/cm² a los 10 segundos, la lámpara RTA mini S® indica 1,000 mW/cm² y tuvo 1,753 mW/cm² a los 10 segundos, Bluephase N MC® indica 800 mW/cm² y obtuvo 1,850 mW/cm² a los 20 segundos, 6 b® indica 1,200 mW/cm² y tuvo 1775 mW/cm² a los 10 segundos, Bluephase Style® indica 1,100 mW/cm² ± 10% y obtuvo una intensidad de 2,438 mW/cm² a los 10 segundos, Roentgen® indica 1,200 a 2,000 mW/cm² y tuvo 2,550 mW/cm² a los 20 segundos, CAVEX BlueLex® indica 1,000 mW/cm² y obtuvo 2,800 mW/cm² a los 10 segundos, 3M ESPE Elipar DeepCure-L® indica 1,470 mW/cm² -10%/+20% y tuvo 2,800 mW/cm² a los 10 y 20 segundos.

Sánchez y Cols. realizaron un estudio en 2018, y se encontró que la temperatura de las lámparas registradas está entre 19 a 27 grados, por ello se puede confirmar que no causan ningún daño pulpar, ya que ninguna sobrepasa los 46°C (12). Sin embargo, en el análisis realizado en este estudio, se puede comprobar que únicamente la lámpara Lorma® obtuvo una temperatura menor a los 46°C. Siguiendo esta premisa, sería importante analizar, el aumento de la temperatura sobre la estructura del diente, y así poder inferir si afecta a la pulpa. Estudios demuestran que un aumento de 5° de la pulpa, es decir, al elevarse la temperatura a más de 42.5 °C, se puede dañar la pulpa de forma definitiva, esto puede ocurrir durante el proceso de fotopolimerización. En cavidades grandes se pueden dañar las prolongaciones de los odontoblastos, esto puede llevar al diente a presentar una pulpitis irreversible que puede ser asintomática, cuando hay inflamación aguda o bien, sintomática cuando la inflamación es crónica (13). El calor generado de las lámparas en este estudio, fue mayor a 90 grados, por ello, podemos inferir que,

el tiempo de exposición en cavidades profundas cercanas a la pulpa, sin protección de bases o forros cavitarios, generaran daño al diente, por ello será importante utilizar la fórmula ($16,000/\text{intensidad}$), y así saber exactamente el tiempo de polimerización adecuado.

Los datos obtenidos en el presente estudio, coinciden con lo reportado por los autores Jarquín y Bonilla, ya que afirman que cuando las lámparas tienen una mayor irradiancia, también generan temperaturas más altas y se deben tomar precauciones para no afectar la pulpa del diente. Por otro lado, mencionan que las lámparas LED que no presentan fibra óptica generan una temperatura más elevada; en esta investigación, se puede confirmar, ya que las lámparas que mayor temperatura registraron fueron Curing Light®, AZDENT®, Woodpecker i Led®, DTE LUX I®, Med Plus Q7® (7).

El 100% de las lámparas revisadas en el estudio tuvieron una intensidad ≥ 400 mW/cm², lo cual resulta en una fotopolimerización adecuada para resinas compuestas de capas no mayores a 2 mm, esto también coincide con lo reportado por los autores Rojas Silva y Rondán Bermeo (6).

15. Conclusiones

Se debe tener en cuenta que, a mayor irradiancia, mayor temperatura, lo cual puede llevar a un daño irreversible en el diente en algunos casos.

En el presente estudio se puede reconocer la importancia de medir la irradiancia que tienen las lámparas de fotopolimerizar, ya que en ocasiones es muy diferente a la mencionada por el fabricante; esto puede llevar a un tiempo de exposición erróneo y por lo tanto, provocar el fracaso de las restauraciones.

Todas las lámparas revisadas en este estudio, excepto una, obtuvieron una temperatura mayor a los 46°C, lo cual pone en evidencia que las lámparas LED sí generan calor y no son lámparas frías como mencionan algunos fabricantes, razón por la cual se deben tomar precauciones al utilizarlas, en especial cuando tienen funciones de fotopolimerizado rápido, pues esto sugiere alta intensidad y a su vez alta generación de calor.

17. Bibliografía.

1. Chaple A, Montenegro Y, Álvarez J. Evolución histórica de las lámparas de fotopolimerización. Rev Habanera de Ciencias Médicas [Internet]. 2016 [cited 2023 Feb 8];15(1):8–16. Available from: <https://docplayer.es/43485557-Evolucion-historica-de-las-lamparas-de-fotopolimerizacion.html>
2. Lafuente D, Blanco R, Brenes Andrea. Efecto del tipo de lámpara de fotocurado en la polimerización de varias resinas. Odovtos - International Journal of Dental Sciences [Internet]. 2005 [cited 2023 Jan 23];(7):89–95. Available from: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=499551910018>
3. Matallana J, Ortiz A, Rincón M, Sánchez A, Aránzazu G, Concha S. Intensidad de la luz emitida por las lámparas de fotocurado en los consultorios odontológicos de Bucaramanga y su Área Metropolitana. Revista USTASALUD [Internet]. 2010 [cited 2023 Feb 8];9:41–9. Available from: http://revistas.ustabuca.edu.co/index.php/USTASALUD_ODONTOLOGIA/article/view/1166/993
4. Rueggeberg F, Giannini M, Arrais C, Price R. Light curing in dentistry and clinical implications: a literature review. Vol. 31, Braz. Oral Res. 2017. p. 64–91.
5. Cova J. Materiales de obturación. In: Santa G, editor. Biomateriales dentales para una odontología restauradora exitosa. 3a ed. China: Amolca; 2019. p. 365–81.
6. Rojas E, Rondán K. Evaluación de la intensidad de luz emitida por las lámparas de fotocurado de la Clínica Odontológica, Distrito de Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash. [Perú]: Universidad Católica Los Ángeles Chimbote; 2019.
7. Jarquín D, Bonilla S. Temperature increase on the tooth surface during photopolymerization. Odont Vital. 2016;(6):17–22.
8. López N. Resumen: Evaluación de la temperatura durante la polimerización al interior de la cámara pulpar. [Internet]. Repositorio UNAB. 2011 [cited 2023 Feb 26]. Available from: <https://repositorio.unab.cl/xmlui/handle/ria/13378>
9. Solis S. Resumen: Comparación de la emisión térmica de diferentes fuentes de fotoactivación según tipo y modo de activación [Internet]. Universidad Peruana Cayetano Heredia. 2015. Available from: <https://hdl.handle.net/20.500.12866/229>
10. Konerding K, Heyder M, Kranz S, Guellmar A, Voelpel A, Watts D, et al. Study of energy transfer by different light curing units into a class III restoration as a function of tilt angle and distance, using a MARC Patient Simulator (PS). Dental Materials. 2016 May 1;32(5):676–86.
11. Carhuancho E, Solis G. “EVALUACIÓN DE LA CALORIMETRÍA DE LAS LÁMPARAS DE LUZ HALÓGENAS Y LAS LÁMPARAS DE LUZ LED, LIMA 2015” [Internet]. [Lima]:

- Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión; 2015 [cited 2023 Feb 27]. Available from: http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/142/1/T026_46315686T.pdf
12. Sánchez E, Mena P, Romero A. “VALORACIÓN DE LA INTENSIDAD DE LUZ Y DE TEMPERATURA DE LAS UNIDADES DE FOTOPOLIMERIZACIÓN UTILIZADAS POR LOS ESTUDIANTES DE 7mo A 10 mo SEMESTRE DE LA UNIDAD DE ATENCIÓN ODONTOLÓGICA UNIANDES.” [Ecuador]: Universidad Regional Autónoma De Los Andes; 2018.
 13. Castillo D, Armas A, España D. Efecto térmico de la polimerización con lámparas de fotocurado como factor causal de lesiones pulpares [Internet]. Quito; 2022 [cited 2023 Feb 28]. Available from: <http://dspace.uhemisferios.edu.ec:8080/jspui/bitstream/123456789/1393/1/trabajo%20de%20titulaci%C3%B3n%20Dayana%20Castillo%20%281%29.pdf>
 14. Shortall A, Jacquot B, Palin W, Pelissier B. Advances in light-curing units: Four generations of LED lights and clinical implications for optimizing their use: Part 2. from present to future. *Dent Update*. 2012;39(1):13–22.
 15. Joubert R. Lámparas de fotopolimerización. In: López R, editor. *Odontología adhesiva y estética*. Madrid: Ripano; 2010. p. 299–304.
 16. Anónimo. Comunicación Audiovisual Tema: Percepción visual. Nociones básicas de la luz. [Internet]. México ; 2013 [cited 2023 Mar 23]. Available from: <https://www.uv.mx/personal/lenunez/files/2013/06/luz.pdf>
 17. Barceló S, Federico H. *Materiales dentales: conocimientos básicos aplicados*. 5a ed. México : Trillas; 2017.
 18. Macchi R. Unidades de curado dental. In: *Materiales Dentales*. 4a ed. Buenos Aires: Médica Panamericana; 2009. p. 171–86.
 19. Melara A, Arregui M, Guinot F, Sáez S, Bellet L. Actualización de los diferentes tipos de lámparas de fotopolimerización. Revisión de la literatura. *Odontol Pediatr* . 2008;16(3):140–52.
 20. Anusavice K. Resinas para restauraciones. In: *Phillips’ ciencia de los materiales dentales*. 11a ed. Madrid: Elsevier; 2004. p. 410–4.
 21. Melendez D, Delgado L, Tay L. LA CIENCIA DETRÁS DE LAS LÁMPARAS DE POLIMERIZACIÓN LED. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA. *RODYB* [Internet]. 2021;10(3):6–18. Available from: www.rodyb.com/
 22. Ralph H. Resin-Based Composites. In: Chiayi Shen H, Ralph Rawls, Josephine F, Esquivel-Upshaw, editors. *Science of Dental Materials* . 13a ed. Missouri: Elsevier; 2022. p. 87–114.
 23. Moradas E, Álvarez B. Dinámica de polimerización enfocada a reducir o prevenir el estrés de contracción de las resinas compuestas actuales. Revisión bibliográfica. *Av*

Odontoestomatol [Internet]. 2017 [cited 2023 Mar 25];33(6). Available from: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-12852017000600002#:~:text=%E2%80%94Intensidad%3A%20La%20intensidad%20m%C3%ADnima%20que,350%2D400%20mW%2Fcm2.

24. Palacios C, Cruz D, Ibáñez C, Ruiz M. Intensidad lumínica de las lámparas de fotocurado LED en los consultorios odontológicos de Piura, Perú. Rev Cubana Estomatol [Internet]. 2022 [cited 2023 Feb 7];59(2). Available from: <http://www.revestomatologia.sld.cu/index.php/est/article/view/3767>
25. Stephan W, Bastin K. Dental Materials: Clinical Applications For Dental Assistants And Dental Hygienists. 4ta ed. Canada: Elsevier; 2021.

18. Anexos.



Ciudad De México a 18 de enero de 2023

Estimado profesor de Biomateriales Dentales de la Facultad de Odontología:

Por medio de la presente, quisiera solicitar su autorización para recabar datos en el horario de su grupo, el día del laboratorio, para la realización del estudio:

“TEMPERATURA E INTENSIDAD LUMÍNICA EMITIDA DE LÁMPARAS DE FOTOPOLIMERIZACIÓN.”

Se llevará a cabo para la titulación de la alumna **MELISSA RAZO COVARRUBIAS**, en el Seminario de Titulación de Biomateriales Dentales.

El estudio consistirá en medir la temperatura y la intensidad de la luz emitida de las lámparas de fotopolimerizar de los alumnos de 2° año. De contar con su apoyo, la fecha será acordada con usted para no entorpecer el desarrollo de su práctica.

De antemano agradezco su atención, esperando contar con su ayuda.

Atentamente.

Esp. MÓNICA PEÑA CHÁVEZ.

Responsable de Área del Seminario de Titulación de Biomateriales Dentales.

Acepto: _____.

Fecha. Nombre y firma del profesor Titular.

Fecha pactada para la medición: _____.



Ciudad De México a 18 de enero de 2023

Estimado **Mtro. ENRIQUE RÍOS SZALAY**, Coordinador de la Especialidad de Odontología Restauradora Avanzada:

Por medio de la presente, quisiera solicitar su autorización para recabar datos con sus alumnos de especialidad para la realización del estudio:

“TEMPERATURA E INTENSIDAD LUMÍNICA EMITIDA DE LÁMPARAS DE FOTOPOLIMERIZACIÓN.”

Este, se llevará a cabo para la titulación de la alumna **MELISSA RAZO COVARRUBIAS**, en el Seminario de Titulación de Biomateriales Dentales.

El estudio consistirá en medir la temperatura y la intensidad de la luz emitida de las lámparas de fotopolimerizar de los alumnos de 1° y 2° año.

De contar con su apoyo, la fecha será acordada con usted para no entorpecer el desarrollo de sus actividades.

De antemano agradezco su atención, esperando contar con su ayuda.

Atentamente.

Esp. MÓNICA PEÑA CHÁVEZ.

Responsable de Área del Seminario de Titulación de Biomateriales Dentales.

Acepto: _____.

Fecha. Nombre y firma.

Fecha pactada para la medición: _____.

Marca.	Intensidad indicada por el fabricante en mW/cm ² .	Intensidad promedio a los 10 segundos en mW/cm ² .	Intensidad promedio a los 20 segundos en mW/cm ² .
Woodpecker LED B [N]	850-1,000	1,498	1,480
Woodpecker LED H [SN]	1,000-1,200	1,459	1,433
Woodpecker i Led [N]	1,000-2,500	2,354	2,315
RTA mini S [N]	1,000	1,753	1,718
Bluephase N MC [N]	800	1,846	1,850
DTE LUX V [N]	1,000-1,200	1,558	1,508
DTE LUX I [N]	1,200-2,300	1,863	1,900
Odontum [N]	1,500	1,360	1,370
Super LED Light [N]	1,500	1,567	1,533
6 b [N]	1,200	1,775	1,750
DTE LED C [N]	1,000-1,200	1,567	1,558
D-2000 [N]	1,600	1,875	1,825
Bluephase Style [N]	1,100 ± 10%	2,438	2,425
Roentgen [N]	1,200-2,000	2,500	2,550
AZDENT [N]	1,200-3,200	2,300	2,367
CAVEX BlueLex [N]	1,000	2,800	2,700
3M ESPE Elipar DeepCure-L [N]	1,470 –(-10%/+20%)	2,800	2,800
Valo GRAND [N]	1,000-3,200	2,700	2,650
Med Plus Q7 [N]	1,000-2,500	2,475	2,450

Tabla 7. Intensidad referida por los fabricantes e intensidad analizada con el radiómetro a los 10 y 20 segundos.