



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
UNIDAD ACADÉMICA DE SALUD Y BIENESTAR

CARRERA DE ODONTOLOGÍA

Estudio comparativo in vitro de la profundidad de curado de una resina nano-híbrida fotoactivada con luz halógena versus luz LED según la norma ISO 4049, en la Carrera de Odontología de la Unidad Académica de Salud y Bienestar, Carrera de Odontología, de la Universidad Católica de Cuenca, período 2015-2016.

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE ODONTÓLOGA

AUTORA: Guerrero Bravo Ana Gabriela

DIRECTOR: Sarmiento Criollo Patricio Fernando. Dr. Mg.

CUENCA
2016

DECLARACIÓN:

Yo, Guerrero Bravo Ana Gabriela, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado la totalidad de las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento; y eximo expresamente a la UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

La UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y normatividad institucional vigente.

.....

Autor/a: Guerrero Bravo Ana Gabriela

C.I.: 1104973316

CERTIFICACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación denominado “ESTUDIO COMPARATIVO IN VITRO DE LA PROFUNDIDAD DE CURADO DE UNA RESINA NANO-HÍBRIDA FOTOACTIVADA CON LUZ HALÓGENA VERSUS LUZ LED SEGÚN LA NORMA ISO 4049, EN LA CARRERA DE ODONTOLOGÍA DE LA UNIDAD ACADÉMICA DE SALUD Y BIENESTAR DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA, PERÍODO 2015-2016.”, realizado por GUERRERO BRAVO ANA GABRIELA, ha sido inscrito y es pertinente con las líneas de investigación de la Carrera de Odontología, de la Unidad Académica de Salud y Bienestar y de la Universidad, por lo que está expedito para su presentación.

Cuenca, 24 de octubre del 2016

.....

Dr. Ebingen Villavicencio Caparó.

COORDINADOR DEL DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN ODONTOLOGÍA

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Dra. Liliana Encalada Verdugo.

COORDINADORA DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN DE ODONTOLOGÍA.

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación denominado “ESTUDIO COMPARATIVO IN VITRO DE LA PROFUNDIDAD DE CURADO DE UNA RESINA NANO-HÍBRIDA FOTOACTIVADA CON LUZ HALÓGENA VERSUS LUZ LED SEGÚN LA NORMA ISO 4049, EN LA CARRERA DE ODONTOLOGÍA DE LA UNIDAD ACADÉMICA DE SALUD Y BIENESTAR DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA, PERÍODO 2015-2016”, realizado por GUERRERO BRAVO, ANA GABRIELA, ha sido revisado y orientado durante su ejecución, por lo que certifico que el presente documento, fue desarrollado siguiendo los parámetros del método científico, se sujeta a las normas éticas de investigación, por lo que está expedito para su sustentación.

Cuenca, 24 de octubre del 2016

.....

Tutor/a: Sarmiento Criollo Patricio Fernando

DEDICATORIA.

Este trabajo quiero dedicarle a Dios por guiar mi vida con sus bendiciones y a mi mamita Marina, que ha sido un apoyo incondicional en cada paso que doy, estando siempre para mí en este largo camino.

Te Amo Mami.

EPÍGRAFE.

Aunque la vida a veces se ponga difícil, aunque el camino no siempre sea en línea recta,
aunque a veces sientas que estás cansado, levanta la cabeza, toma aire y continua,
recuerda al final el esfuerzo valdrá la pena.

AGRADECIMIENTOS:

Un agradecimiento especial al Dr. Patricio Sarmiento y al Dr. Ebingen, por dedicar su tiempo para la correcta realización de este trabajo. Gracias por ser excelentes docentes.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	10
ABSTRACT	11
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO TEÓRICO	12
INTRODUCCIÓN.....	13
1. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	14
2. JUSTIFICACIÓN.....	15
3. OBJETIVOS	16
3.1 Objetivo General.....	16
3.2 Objetivos Específicos.....	16
4. MARCO TEÓRICO.....	17
4.1 RESINAS COMPUESTAS.	17
4.1.a GENERALIDADES.....	17
4.1.b CLASIFICACIÓN DE LAS RESINAS COMPUESTAS.	17
4.1.b.1 RESINAS DE MACROPARTÍCULAS.	18
4.1.b.2 RESINAS DE MICRO-PARTÍCULAS.	18
4.1.b.3 RESINAS HÍBRIDAS.....	19
4.1.b.4 RESINAS MICRO-HÍBRIDAS.	19
4.1.b.6 RESINAS DE BAJA VISCOSIDAD O FLUIDAS.	20
4.1.c COMPOSICIÓN DE LAS RESINAS.	20
4.1.c.1 MATRIZ ORGÁNICA.	21
4.1.c.2 AGENTES INICIADORES.	21
4.1.c.3 RELLENO INORGÁNICO.	21
4.1.c.4 AGENTE DE ENLACE.	22
4.1.c.5 OTROS COMPONENTES.	22
4.1.1 POLIMERIZACIÓN.....	22
4.1.1.a FASES DE LA REACCIÓN DE POLIMERIZACIÓN.....	22
4.1.1.1 PROFUNDIDAD DE CURADO	23
4.1.1.1.a FACTORES QUE AFECTAN LA PROFUNDIDAD DE CURADO.....	24
4.1.1.1.b INFLUENCIA DE LAS RESINAS EN LA PROFUNDIDAD DE CURADO	24
4.1.1.1.1 UNIDADES DE FOTOPOLIMERIZACIÓN.....	25
4.1.1.1.1.a TIPOS DE LÁMPARAS	26
4.1.1.1.1.a.1 Lámpara halógena.	26

4.1.1.1.1.a.2 LÁMPARAS LED.....	26
4.1.1.1.a.2.1 CLASIFICACIÓN DE LÁMPARAS LED SEGÚN GENERACIONES.	27
4.1.1.1.1.a.4 ARCO DE PLASMA.....	28
4.1.1.1.1.a.5 Lámparas laser.....	28
4.1.1.1.1.b INFLUENCIA DE LAS UNIDADES DE FOTOPOLIMERIZACIÓN EN LA PROFUNDIDAD DE CURADO.	28
4.1.1.1.1.1 NORMA ISO 4049 ¹¹	30
4.2 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	32
CAPÍTULO II PLANTEAMIENTO OPERACIONAL.....	39
1. MARCO METODOLÓGICO.....	40
2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	40
2.1.a Criterios de inclusión.....	40
2.1.b Criterios de exclusión.....	40
2.3 Tamaño de la muestra.....	40
3. OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES ⁴⁰	42
4. Instrumentos, materiales y recursos para la recolección de datos.....	42
4.3 Materiales.....	43
4.4 Recursos.....	43
5.2 Ubicación temporal.....	44
5.3 Procedimientos para la toma de datos.....	44
6. PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS DE DATOS.....	45
7. ASPECTOS BIOÉTICOS.....	45
CAPÍTULO III.....	46
1. RESULTADOS.....	47
2. DISCUSIÓN.....	52
3. CONCLUSIONES.....	54
4. RECOMENDACIONES.....	55
BIBLIOGRAFÍA.....	56
ANEXOS.....	62

RESUMEN

OBJETIVO: Comparar la profundidad de curado de una resina nano-híbrida fotoactivada con luz halógena versus luz LED según la norma ISO 4049. **MATERIALES Y MÉTODOS:** La metodología aplicada fue transversal actual, descriptiva y comparativa de laboratorio. Según la norma ISO 4049, la altura del molde midió 6mm de largo X 4mm de ancho. Se colocó en la base del molde de prueba una tira de celuloide, sobre la cual se colocó la resina Z350 xt (3M), color A2, esmalte. Ligeramente sobre obturáramos el molde y se puso una segunda tira de celuloide en la parte superior. Luego se fotopolimerizó 40 segundos sin distancia con la lámpara halógena y con la lámpara LED de tercera generación se irradió 10 segundos. Removimos el espécimen del molde y suavemente retiramos el material sin curar con una espátula. Medimos la altura del cilindro del material curado con el micrómetro digital a una exactitud de +0.01mm. Esta prueba se realizó 3 veces y en el total de estas pruebas, se obtuvo el valor promedio de la profundidad de curado, se registró este valor y al dividirlo por 2 nos dio la profundidad de curado según norma ISO 4049. **RESULTADOS:** El valor mínimo de profundidad de curado se obtuvo con la lámpara halógena siendo este valor de 2,23mm y su máximo de 2,29mm a diferencia de la fotoactivación con la lámpara LED cuya profundidad de curado alcanzo un máximo de 2,32mm y un mínimo de 2,25mm.

PALABRAS CLAVE: Norma ISO 4049, polimerización, profundidad de curado.

ABSTRACT

AIM: To compare the depth of curing a nano-hybrid resin versus photoactivated with halogen light LED light according to ISO 4049. **MATERIALS AND METHODS:** The methodology used was cross-current, descriptive and comparative laboratory. According to ISO 4049, the height of the mold where the resin was placed 2mm should be greater than twice the depth claimed by the manufacturer; in this case as xt Z350 (3M) resin was used, color A2, enamel, so the mold diameter 6mm X 4mm wide. It was placed in the mold base test strip of celluloid, on which the resin is placed. Obturate lightly on the mold and he puts a second strip of celluloid on top. Then light cured 40 seconds without distance with the halogen lamp and LED lamp third generation was irradiated 10 seconds. We removed the specimen from the mold and gently remove uncured material with a spatula. We measure the height of the cylinder of cured material micrometer to an accuracy of + 0.01mm. We recorded this value and divide 2 gave us the depth of cure according to ISO 4049. **RESULTS:** The minimum value of depth of cure was obtained with the halogen lamp and this value up to 2,21mm and 2,29mm unlike photoactivation with LED curing lamp whose depth reached a maximum of 2,32mm and a minimum of 2.25mm.

KEYWORDS: ISO 4049, polymerization, depth of cure.

CAPÍTULO I
PLANTEAMIENTO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN.

Hoy en día, los materiales más utilizados para la realización de técnicas hechas a mano en una sola cita son los composites, siendo los agentes protagónicos para técnicas directas. Según autores como Rodríguez y Pereira, “sus grandes posibilidades estéticas le dan variadas indicaciones terapéuticas, que se incrementan gracias a la gran versatilidad de presentaciones que ofrecen”¹. Sin embargo, debido a que la adhesión de este tipo de materiales no depende de cómo realicemos la cavidad sino de la técnica adhesiva, hay una mayor posibilidad de preservar y mantener intacta una mayor cantidad de estructura dental. Para lograr el éxito en la clínica durante un tratamiento con estos materiales debemos tomar en cuenta ciertos aspectos trascendentales como: buen aislamiento, de preferencia absoluto, material e instrumental restaurador adecuado, protocolos apropiados para técnica adhesiva dental y manipulación correcta de los tiempos de polimerización.

Con el pasar del tiempo, los composites han evolucionado mejorando totalmente sus cualidades y sus distintas propiedades físicas, químicas, mecánicas, ópticas, estéticas, y funcionales; las resinas que se han perfeccionado y desarrollado notablemente en el campo adhesivo en la última década, son las resinas o composites nano-híbridas, las cuales, “están constituidas por partículas con tamaños menores a 10 nm, mismas que se disponen de una manera individual o conformando grupos, (nanoclusters o nanoagregados) con un tamaño no superior a 75 nm”¹. “Este tipo de resinas con nanotecnología ofrecen alta translucidez, pulido superior, disminución notable de la micro filtración y mayor resistencia al desgaste”².

Las resinas nano-híbridas al estar constituidas por micro partículas van a generar una contracción menor en el momento de la polimerización y por lo tanto generan menor estrés de contracción en la restauración, menor flexión cuspídea y sobre todo disminución notable tanto macro como microscópica de las fisuras que se forman entre la interfase diente-restauración a nivel de los bordes adamantinos, garantizando de esta manera la vida útil de las restauraciones.

La vida útil de las restauraciones, dependen de ciertas características como, composición del composite, manejo correcto de los protocolos de manipulación de los materiales dentales, intensidad de la luz de la lámpara de fotocurado y tiempo de exposición de la resina a la fotoactivación; todos estos factores pueden comprometer el éxito de la restauración provocando una incompleta fotopolimerización y reduciendo así la calidad de la operatoria dental³.

La correcta polimerización se puede lograr utilizando lámparas de fotocurado, habiendo en el mercado un sin número, siendo las más utilizadas las lámparas halógenas y las lámparas Led.

Cuando los composites son polimerizados usando lámparas halógenas estas alcanzan un rango de intensidad de 400 a 500 mW/cm². Este es el rango donde más efectivamente la canforquinona es activada⁴. Esta lámpara halógena es la más utilizada, pero, “hoy en día la existencia de lámparas tipo LED de última generación tiene ciertas características que han mejorada de cierta manera la eficacia de la polimerización, alcanzado una mayor profundidad de curado”⁴.

Si respetamos parámetros como, la casa comercial, el tipo de lámpara y los tiempos de fotoactivación, podremos obtener resultados satisfactorios y exitosos.

1. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.

Debido a la alta demanda por parte de los profesionales de conseguir materiales más estéticos, más resistentes a las fuerzas oclusales y fracturas, con una mayor profundidad de curado, mejor capacidad de pulido y mayor resistencia flexural; los fabricantes han desarrollado un, “composite con nano-partículas que presenta un menor peso molecular y que puedan utilizarse en toda la arcada dental sin limitarse a un solo sector”⁵.

Las resinas nanohíbridas deben ser colocadas en capas incrementales de resinas no mayor de 2 mm para obtenerse buenos resultados finales, esto se logra gracias a la utilización de lámparas halógenas o convencionales y lámparas Led, cada una con ventajas diferentes pero con un mismo objetivo, activar el fotoiniciador para que se inicie el proceso de la fotoactivación⁶.

Sin embargo, es necesario evaluar si al usar estos materiales en incrementos de 2 mm, efectivamente permiten una adecuada profundidad de curado, con un adecuado grado de conversión, lo cual es clave para un buen desempeño clínico del material⁷. También es importante destacar que muchas veces el clínico no toma en consideración ciertos factores para el fotocurado de resinas, el mismo que indica como máxima distancia de separación entre la guía de luz de la lámpara y la resina 1mm con la luz perpendicular al material, ya que la intensidad de la luz disminuye en función del cuadrado de la distancia a la superficie.⁸

Un método para definir el grosor máximo de los incrementos de resina compuesta fue establecido por la Organización Internacional de Normalización ISO, en la segunda edición de la norma ISO 4049 ⁸.

El problema que se investigó fue la comparación de la profundidad de curado que se obtiene al activar una resina nanohíbrida con una lámpara halógena vs una lámpara LED según la norma ISO 4049; para lo cual se utilizó la resina Z350 xt de la marca comercial 3M, color A2, esmalte.

La interrogante principal de este trabajo de investigación fue, ¿es igual la profundidad de curado de la resina nanohíbridas fotoactivada con luz halógena versus la activación con luz LED según la norma ISO 4049?.

2. JUSTIFICACIÓN

Con la constante evolución de los composites, la evaluación de las propiedades de estos sirve como un puente entre las ciencias de los materiales fundamentales y sus aplicaciones clínicas dándonos múltiples ventajas que podrán ser aplicadas sobre los pacientes al momento de realizar una restauración directa siendo en primera instancia los más beneficiados.

Es importante que los odontólogos conozcan la longitud de onda, la intensidad de la luz y demás factores relacionados con las lámparas de fotocurado, para que sepan cuando deben realizarse el mantenimiento respectivo, esto incluye cambiar los filtros, el bulbo reflector, o cambiar por otro dispositivo con mejores propiedades.

Con este proyecto de investigación se espera conocer cuál es el protocolo correcto de manejo de las lámparas de fotocurado, sus indicaciones, sus ventajas y desventajas las mismas que podrán ser aplicadas en la consulta dental en la atención a pacientes.

Este tema de investigación servirá como punto de partida para futuras investigaciones en la Unidad Académica de Salud y Bienestar de la Carrera de Odontología, es un tema aun poco explorado bajo los parámetros y criterios que se pretende investigar, que es la norma ISO 4049 por lo cual servirá de gran ayuda para los profesionales que pretendan manejar este tipo de composites de una manera correcta para obtener los resultados más óptimos. La originalidad es a nivel nacional ya que en los estudios existentes en nuestro país estas investigaciones no se han realizado bajo esta normativa internacional ISO.

Los recursos necesarios para el desarrollo de este proyecto son posibles de obtener gracias al apoyo institucional y humano brindado por la UCACUE al contar con instalaciones aptas y profesionales capacitados que nos orientan con sus conocimientos y que nos guiaran el correcto desarrollo del tema; los recursos económicos serán aportados por el autor de este proyecto.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General.

- Comparar in vitro la profundidad de curado de la resina nanohíbrida fotoactivada con luz halógena versus luz LED según la norma ISO 4049.

3.2 Objetivos Específicos.

- Medir la profundidad de curado de las muestras de la resina Z350 xt, A2, esmalte, al aplicar luz halógena según la norma ISO 4049
- Medir la profundidad de curado de las muestras de la resina Z350 xt, A2, esmalte, al aplicar luz LED según la norma ISO 4049

4. MARCO TEÓRICO

4.1 RESINAS COMPUESTAS.

4.1.a GENERALIDADES.

En el siglo XX, a finales de esta década, empiezan a surgir composites con características estéticas similares a los dientes naturales; es así que en el año de 1963 se desarrolló el dimetacrilato de diglicidil bisfenol A (BIS-GMA) desarrollado por Bowen R.L, constituyéndose la base o el núcleo de las ahora resinas compuestas¹⁹.

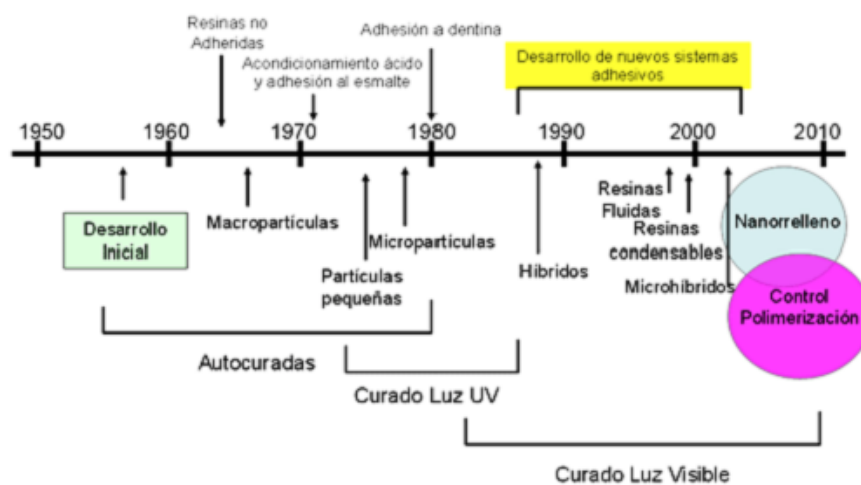
Esta molécula BIS-GMA fue el resultado de diversos ensayos clínicos a base de resina epóxica, acrílica y partículas de relleno de refuerzo.

La partícula con sílice es recubierta por un agente de enlace, “el vinil silano, para lograr la unión química entre ella y el Bis Gma, por su grupo silano se une a la partícula y por su grupo vinilo al Bis Gma”²⁰.

4.1.b CLASIFICACIÓN DE LAS RESINAS COMPUESTAS.

Esta clasificación según Varanes y cols. se puede realizar, “acorde al tipo de polimerización, sin embargo hoy en día la clasificación más usada es en base al relleno”¹⁹.

Fig. 1. Cronología del desarrollo de resinas compuestas de acuerdo a las partículas, sistemas de polimerización y tecnología adhesiva.



Fuente: Rodríguez D, Pereira N. Evolución y tendencias actuales en resinas compuestas. 2007.

De acuerdo a lo dicho las resinas compuestas se clasifican en base a su carga en: resinas compuestas de

- Macro-partículas
- Micro-partículas
- Híbridas
- Micro-híbridas
- Nano-partículas

El tamaño de las partículas que se usan varía entre 0,01 y 15 μm ²⁰.

Fig. 2. Esquema de las distintos tipos de resinas según tamaño de partículas

Tipo de resina	Tamaño del relleno (μm)	Material de relleno
Macrorelleno	10 – 40	Cuarzo o vidrio
Microrelleno	0.01 – 0.1	Silice coloidal
Híbrida	15 – 20 y 0.01 – 0.05	Vidrio y silice coloidal
Híbridos modernos	0.5 – 1 y 0.01 – 0.05	Vidrio, zirconio y silice coloidal
Nanorelleno	< 0.01 (10 nm)	Silice o zirconio

Fuente: Rodríguez D, Pereira N. Evolución y tendencias actuales en resinas compuestas. 2007.

4.1.b.1 RESINAS DE MACROPARTÍCULAS.

Llamados también convencionales, desarrollados durante los años 70 y ligeramente modificados con el tiempo. La carga más comúnmente usada en este tipo de resina era cuarzo molido. Las partículas no eran mayores a 8 a 12 μm . En investigaciones, Frauscher e Ilie comprobaron que estas resinas, “presentaban problemas de rugosidad superficial, poco brillo superficial y mayor susceptibilidad a la pigmentación”²².

4.1.b.2 RESINAS DE MICRO-PARTÍCULAS.

Están conformadas con una interfase de sílice coloidal, cuyas partículas miden entre 0,01 y 0,05 μm . Tienen ventajas más estéticas si las comparamos con las resinas de macropartículas permitiendo un mejor acabado de la restauración. La desventaja es que son frágiles y poco resistentes a la fractura y desgaste²¹.

4.1.b.3 RESINAS HÍBRIDAS.

“Son una mezcla de partículas de macrorelleno y microrelleno para así poder lograr unir las ventajas de unas con las otras, es decir, las buenas cualidades mecánicas de las de macropartículas con las cualidades estéticas de las de micropartículas”²². Sus buenas cualidades mecánicas permitían su uso en toda la arcada dental²³.

Dentro de las ventajas tenemos:

- Disponer de colores variados
- Contracción reducida en la polimerización
- No absorbe gran cantidad de agua
- Excelente acabado permitiendo realizar características de texturización.
- Pueden ser utilizadas en el sector anterior y posterior debido a que presenta un comportamiento similar al de las estructuras dentarias.
- Resistentes a la abrasión y desgaste²².

4.1.b.4 RESINAS MICRO-HÍBRIDAS.

Presentan partículas cuyo tamaño es menor a 0,8 micras, tienen características como una polimerización progresiva la cual alcanza su máxima dureza superficial a los 15 días posterior a su fotoactivación. “Tiene un porcentaje de 66% de relleno inorgánico y 33% matriz orgánica, el relleno inorgánico proporciona pulido adecuado y resistencia a las fracturas en la superficie de la restauración”²⁴⁻²⁵.

4.1.b.5 RESINAS NANORELLENO.

Son las resinas que se han desarrollado más recientemente. Contienen material de relleno cuyas partículas se disponen en nanoclusters cuando lo hacen de forma agrupada pudiendo también disponerse individualmente con un tamaño de partículas menores a 10nm²⁵. Según autores como Frauscher K, Ilie N, “este tipo de resinas con nanotecnología ofrecen alta translucidez, pulido superior, similar a las de microrelleno pero con mantención de las propiedades físicas, resistencia al desgaste equivalente a las resinas híbridas”²².

Además, algunos autores como Ilie y Hickel señalan que; “un menor tamaño de las partículas produce una menor contracción de polimerización, generando sobre las paredes del diente una menor flexión cusplídea además de disminuir la presencia de micro-fisuras a nivel de los bordes adamantinos”²¹.

4.1.b.6 RESINAS DE BAJA VISCOSIDAD O FLUIDAS.

Este tipo de composite presenta la característica de una menor cantidad de relleno inorgánico y adhesión de sustancias diluyentes que son modificadores geológicos para hacer más fluida a la resina²⁴.

Algunos autores como Soares y cols. señalan como ventajas, “su alta capacidad de humectación, bajo módulo elástico, disminuye la contracción de polimerización asegurando la continuidad en la superficie adhesiva y reduce la posibilidad de desalojo en áreas de concentración de estrés, son útiles en abfracciones y para relleno de socavados”²⁵.

4.1.c COMPOSICIÓN DE LAS RESINAS.

Se define como composite, material que se constituye por 2 o más componentes diferentes con una interfase distinta, resultando un material que posea unas propiedades que superen las propiedades de los componentes por separado²³.

Las resinas compuestas poseen 5 componentes básicos que son:

- Matriz Orgánica.
- Agentes iniciadores.
- Relleno inorgánico.
- Agente de enlace.
- Otros componentes.

Ambas fases, inorgánica y orgánica, están unidas química y micromecanicamente²⁴.

Cuadro 1. Composición básica de las resinas compuestas

COMPONENTE	FUNCIÓN
Bis-GMA, UDMA	Matriz resinosa
Cuarzo, cristal de Ba, Sr, y Zr, Silicato de tamaño coloidal, silicato de Zn.	Partículas de carga
Titanatos, zirconatos, organosilanos	Agentes de cobertura
Amina terciaria	Iniciador
Peróxido de benzoílo (pasta/pasta)	Iniciador
Canforquinona	Fotoiniciador
Hidroquinona, benzoquinona	Inhibidor
Oxido de aluminio, dióxido de titanio	Modificadores ópticos

Fuente: Chain, M.C. Baratieri, I.N. Restauraciones estéticas con resinas compuestas en dientes posteriores. 2001

4.1.c.1 MATRIZ ORGÁNICA.

Soares y cols. en su investigación determinaron que la matriz resinosa esta, “compuesta de monómeros que son diacrilatos alifáticos o aromáticos, siendo el Bis-GMA y el UDMA, además posee diluyentes que disminuyen la viscosidad de los monómeros (Bis-GMA y UDMA)”²⁴. Estos diluyentes son dimetacrilatos como el TEGDMA el cual permite incorporar un alto contenido de carga permitiendo de esta manera que el composite final tenga un mejor comportamiento clínico²⁵.

Los monómeros de bajo peso molecular los más utilizados son:

- BIS- GMA: reducen la viscosidad, eliminando grupos hidroxilos
- EGDMA: la menor viscosidad y rigidez se logran al eliminar ciclos aromáticos
- TEGDMA: unión de 3 moléculas de EGDMA
- BIS- EMA: reduce la absorción de agua²⁶.

Según Rencz y cols., “la matriz orgánica representa del 30 al 50 % del volumen total del material y está constituido por monómeros que al reaccionar forman moléculas más grandes, llamadas polímeros”²³.

4.1.c.2 AGENTES INICIADORES.

“Son los elementos químicos que dan inicio al proceso de polimerización cuando son activados, así, en las resinas autopolimerizables a base de Bis –GMA, el peróxido de benzoílo”²⁷. En las resinas fotopolimerizables la luz visible con extensión de onda que va entre los 420 a 450 nm excita las canforquinona que es el agente iniciador. El resultado del sistema iniciador es la formación de un radical libre²⁵.

Además, autores como Ramos señala que, “también existen otros fotoactivadores como la fenilpropanodiona o la leucarina- TPO, cuya ventaja es no intervenir en el color de las resinas compuestas”²¹.

4.1.c.3 RELLENO INORGÁNICO.

La matriz de resina tiene incorporada partículas de carga que ofrecen estabilidad dimensional mejorando las características mecánicas del material pero sin disminuir las propiedades de la matriz resinosa²¹. Autores como Soares y cols. señalan que, “disminuir la contracción de polimerización, aumenta la resistencia a la tracción, compresión, abrasión y mayor módulo de elasticidad (rigidez), aumenta la resistencia a la fractura y participa en la actividad óptica del composite”²⁵. Las partículas que se encuentran en mayor proporción son las que se encontraron en diversas investigaciones como, “cuarzo cristalino, sílice coloidal, sílice pirolítico, silicatos de aluminio y bario, silicatos de aluminio y litio, vidrios de sílice con bario o estroncio, zirconio”²¹.

4.1.c.4 AGENTE DE ENLACE.

“Es el agente que sirve como medio de unión de las partículas de relleno inorgánico a la matriz resinosa, ofrece una estabilidad hidrolítica porque evita la penetración de agua en la interfase resina – carga”²². Este agente de acoplamiento es “el vinil silano, para lograr la unión química entre ella y el Bis Gma, por su grupo silano se une a la partícula y por su grupo vinilo al Bis Gma”²⁰⁻²⁶.

4.1.c.5 OTROS COMPONENTES.

- Pigmentos o colorantes
- Aditivos, absorben la luz UV y dan estabilidad al color
- Inhibidores, evitan que exista polimerización prematura del material, los más usados benzoquinona, hidroquinona y derivados del fenol.

4.1.1 POLIMERIZACIÓN

Como definición, “polimerización es un proceso químico por el cual los monómeros de la matriz de resina se agrupan entre si dando lugar a una molécula de gran peso, llamada polímero, que, puede ser una molécula lineal o tridimensional”²⁴.

4.1.1.a FASES DE LA REACCIÓN DE POLIMERIZACIÓN.

En la polimerización la reacción que produce la podemos dividir en dos etapas, una etapa lumínica y una etapa oscura. Cuando la lámpara de fotocurado está encendida esta etapa corresponde a la primera, y cuando se apaga la lámpara posterior a su trabajo es decir 24 horas después tenemos la etapa oscura²¹.

En la fase lumínica distinguimos varias etapas subyacentes.

1. Fase de Activación.

La energía que proviene de la fuente de luz, es la encargada de activar al fotoiniciador que se encuentra en la resina, sustancia que es sensible a cierta longitud de onda²⁴. En el caso de la CQ que es la que se encuentra en la mayoría de las resinas, su absorción es a los 468 nm de longitud de onda²⁵.

2. Fase de Inducción.

Una vez que el iniciador es activado se libera moléculas de hidrogeno generando radicales libres²⁵.

3. Fase de Propagación.

En esta fase según investigaciones, “los radicales libres se combinan con los monómeros libres de la matriz orgánica, convirtiéndolos en monómeros reactivos capaz de unirse a

otros monómeros; así forman cadenas más largas llamadas polímeros, conectados por enlaces covalentes dobles”²⁴.

4. Fase de Terminación.

Se puede producir por:

- Acoplamiento de cadenas en crecimiento para formar una terminal.
- Saturación de los radicales libres que en este caso serían los monómeros con átomos de hidrógeno liberados²⁴.

Cuando diferentes sustancias capaces de reducir la polimerización interactúan con los radicales libres, se va a generar dos fenómenos que pueden ser, reducción de la velocidad de iniciación o aumento de la etapa de conclusión²⁶. “Si hay reducción de la velocidad de iniciación retardara la reacción de polimerización, sin embargo, el aumento de la velocidad de conclusión disminuye el grado de polimerización del producto final”²⁸. Sustancias como, “hidroquinona, eugenol y el oxígeno en grandes cantidades inhiben o retardan la polimerización”²⁵.

4.1.1.b Grado de Conversión de las resinas.

Podemos definir según investigaciones que, “el grado de conversión es el porcentaje de monómeros que se unen a las cadenas de polímeros”²⁷. Es muy importante porque depende de este, las cualidades físicas, propiedades mecánicas, biológicas y ópticas que tendrá finalmente el material²⁸. Lo óptimo sería que todos los monómeros pasaran a cadenas de polímeros, pero lamentablemente esto no sucede, y el grado de conversión con métodos usados normalmente en clínica son muy bajos, en un rango que va de un 55-75%, a pesar de esto solo un 10% de los grupos metacrilatos que quedan sin reaccionar son extraíbles, ya que los demás quedan atrapados en la redes de polímeros³⁴.

Existen ciertos parámetros que influyen en la conversión de monómeros a polímeros, como:

- Temperatura
- Intensidad de la luz
- Reactividad del monómero
- Concentración del fotoiniciador³⁵.

4.1.1.1 PROFUNDIDAD DE CURADO

La profundidad de curado según varios autores es definida como, “la disminución de la intensidad de la luz desde la superficie hacia la profundidad del composite, causado por la

absorción y dispersión de la luz”²⁹. Como ejemplo, el 50% de la energía lumínica que llega al composite se pierde a solo 0,5 mm de profundidad, a 1 mm llega el 25%, a 2 mm llega el 9 %, a 3 mm el 3%²⁸. Esta disminución de la intensidad resulta en lo que comúnmente llamamos profundidad de curado.

Otros autores como Kramer y cols. sugieren definir la profundidad de curado como, “el nivel en que el valor de dureza es equivalente a por lo menos 90% de la dureza en la parte superior del composite”²⁸. La porción más externa del composite que se encuentra más cerca a la lámpara de fotocurado tendrá una polimerización más completa debido a que presenta una mayor cantidad de fotoiniciadores y radicales libres que se convertirán posteriormente en una cadena de polímeros²⁸. La dureza del composite asegura la fotopolimerización más no una correcta profundidad de curado.

4.1.1.1.a FACTORES QUE AFECTAN LA PROFUNDIDAD DE CURADO

- El tipo de resina compuesta y su manejo.
- Los incrementos de resina.
- La distancia de la luz medida desde la punta de la lámpara a la superficie de la resina
- Tiempo y la potencia de radiación
- El tamaño y distribución de las partículas de carga³⁰.

4.1.1.1.b INFLUENCIA DE LAS RESINAS EN LA PROFUNDIDAD DE CURADO

- **Espesor de la capa de composite.**

Al momento de la fotopolimerización la parte más externa del composite es la que presenta mayor número de fotones o fotoiniciadores y por lo tanto será esta capa externa la que adquiera una mejor dureza y polimerización³⁰. En una investigación realizada en el año 2007 por Yin-Chu Chen y cols. se ha establecido en forma experimental que, “las resinas están adecuadamente polimerizadas, cuando el gradiente de dureza entre superficie-profundidad no excede el 10-20%, esto es posible cuando las capas no superen los 2 mm de espesor”³¹.

- **Color del composite.**

Debido a que los pigmentos absorben la luz, la fotopolimerización de las resinas con colores más oscuros se verán alteradas y comprometidas es decir tendrán un fraguado menos profundo porque estos composites impiden el paso de la luz³². Algunos autores

como Jiménez, sugieren que, “la translucidez que posee la resina influye mayormente en el grado de polimerización y conversión” ³⁰.

- **Tipo de relleno.**

Autores como Yin-Chu Chen y cols. comprobaron que, “en general a mayor cantidad de relleno mejor será el grado de polimerización, esto es porque la luz atraviesa mejor el relleno que la resina” ³¹.

Por este motivo es que se debe de aumentar el tiempo de exposición con una intensidad de luz constante cuando se requiera fotopolimerizar una resina de microrelleno debido a que tiene un menor coeficiente de transmisión de luz convirtiéndola en una resina más difícil de fotopolimerizar que una resina híbrida³².

“Cuando mayor carga de relleno inorgánico tiene un composite, más fácilmente se polimeriza, ya que ayudan a transmitir la luz a través del material” ²⁸.

- **Temperatura.**

“A mayor temperatura, fraguado más rápido y completo, mientras que el composite mientras más frío esté, más difícil la polimerización, es recomendable tenerlos a temperatura ambiente” ^{31, 32}.

- **Concentración del iniciador.**

Los composites que presenten a la canforquinona como fotoiniciador en altas concentraciones o fotoiniciador único tendrá mejores propiedades durante la fotopolimerización sin embargo la restauración serán poco estética porque adquirirá un color más amarillo³².

- **Inhibición por Oxígeno.**

La capa inhibida de oxígeno que es la capa que queda superficialmente en el composite afecta a la polimerización pudiendo variar de 50 a 500um. Esta capa de oxígeno se presenta de mayor tamaño en las resinas con poco relleno por lo tanto estas precisaran la colocación de un gel protector previa a la polimerización³².

4.1.1.1.1 UNIDADES DE FOTOPOLIMERIZACIÓN

Las lámparas de fotopolimerización han evolucionado considerablemente en estos últimos años, ya sea por la tecnología y forma de uso³³. Se clasifican en:

- Convencional o lámpara halógena
- Arco de plasma

- Láser de argón
- Led³².

Las lámparas en general, deben activar los fotoiniciadores encontrados en los materiales resinosos, para poder producir la fotopolimerización³³.

Dentro de los fotoiniciadores que conocemos algunos autores señalan a los siguientes como los más importantes, “la canforquinona, cuyo rango de activación es de 400 a 500 nm; el 1 fenil- 1,2 propandiona activable entre los 360 a 480 nm; leucericina activable entre los 350 a 430 nm”³⁴. Las lámparas de fotocurado que utilizemos deben de estar acorde al rango de longitud de onda que requiera cada fotoiniciador³³.

4.1.1.1.1.a TIPOS DE LÁMPARAS

4.1.1.1.1.a.1 Lámpara halógena.

Esta lámpara convencional o halógena, es la más utilizada y también la más antigua, su uso está decayendo siendo sustituida por unidades más nuevas y con características mejoradas. En investigaciones recientes Santini y cols. comprobaron que, “se basa en una bombilla de luz incandescente, con un filamento de wolframio y gases halógenos en el interior de la ampolla para así poder aumentar su rendimiento, de ahí viene su nombre halógeno”²⁷. Según autores como Hiroyuki A, esta unidad tiene, “una eficiencia muy baja en convertir energía electrónica en luz; el 70% es calor y solo el 10% en luz visible, incluyendo el rango azul para polimerización”²⁹.

Otros autores como Kleverlaan y Gee señalan que, “lo negativo de las lámparas halógenas, es que el calor pudiese dañar los tejidos pulpaes, y además una baja eficiencia en la ampolla, resultara en una bajo grado de conversión y por lo tanto baja propiedades mecánicas del material”³⁵. Es importante que el sistema de ventilación este en buenas condiciones pues el calor disminuye la potencia de la lámpara y la vida útil, además puede causar daños a nivel del bulbo refractor y el filtro³⁴.

La potencia puede presentar ciertas variaciones entre 300 mw/cm² a 1000 mw/cm² y una longitud de onda de 400 a 500nm. Tiene un tiempo de utilidad de 50 a 1000 horas clínicas siempre y cuando el mantenimiento se lo realice cada 4 meses³⁵.

4.1.1.1.1.a.2 LÁMPARAS LED.

Las lámparas Leds tienen un mecanismo de funcionamiento diferente a una lámpara convencional debido a que utiliza el calor como generador de luz emitida¹⁴.

“El diodo emisor de luz es el responsable en generar la luz; este está constituido esencialmente por silicio dopado y otros elementos”³⁶.

Los leds presentes en este tipo de unidad producen una luz no convergente es decir producen luz divergente con un rango de 450 a 490nm diferente a lo que producen las lámparas convencionales que es una luz convergente.

A diferencia de las lámparas convencionales que poseen ampollitas las Leds no producen luz visible por calentamiento de filamentos metálicos²¹.

Las unidades Led emiten luz en el espectro donde la canforquinona es absorbida; esto es 468 nm. “No hay problema en el fotocurado siempre y cuando el fotoiniciador que se encuentra en la resina sea canforquinona; pero si el fotoiniciador es distinto las lámparas Led tendrán una eficiencia reducida”³⁷.

Las lámparas convenciones general luz fuera del rango útil para la fotoactivación a diferencia de las Leds cuya luz se encuentra únicamente dentro del rango del fotoiniciador³⁷. Estudios han demostrado que, “las lámparas Led muestran eficiencia en polimerización de composite híbridos, producen menos contracción de polimerización y no causan cambios térmicos en los tejidos pulpares”². A diferencia de las lámparas halógenas, las lámparas Led tienen 10.000 horas de vida y solo un poco de luz se degrada después de ese tiempo²².

“Para obtener una correcta irradiación de luz azul para polimerizar resinas, se debe polimerizar por lo menos 40 segundos con una poderosa intensidad de luz”²⁴.

4.1.1.1.a.2.1 CLASIFICACIÓN DE LÁMPARAS LED SEGÚN GENERACIONES.

Primera generación.

- Poseen una baja potencia (máximo 300 mw/ cm2)
- Presentan diferentes tipos de leds en su interior
- No hay correcta polimerización por la baja potencia²⁹

Segunda generación.

- Solo 1 Led
- Emiten luz dentro del rango de absorción de la canforquinona(450 a 500 nm)
- No son útiles con otro tipo de fotoiniciadores³²

Tercera generación

- Usadas actualmente
- Útiles para los fotoiniciadores que no podían ser activados con las otras lámparas Leds.
- Iguala el desempeño de las halógenas con las ventajas de una lámpara Led²⁹.

4.1.1.1.1.a.4 ARCO DE PLASMA.

Según diversos autores como Hiroyuki y cols., “son lámparas que emiten luz mediante una descarga eléctrica en forma de arco voltaico entre dos electrodos de tungsteno separados a una determinada distancia, en el interior de la lámpara existe gas xenón a elevada presión”²⁹. Este tipo de fuente de luz abarca rangos más allá del UV e infrarrojo teniendo así una radiación extremadamente alta.

Este tipo de lámpara tenía el propósito de fotoactivar un composite en solo 3 segundos, debido a su alta densidad de potencia que es alrededor o mayor a 2000 mw/cm² ¹¹. Sin embargo, “este corto periodo de fotoactivación puede comprometer las propiedades físicas del material, por lo tanto es necesario por lo menos de 10 segundos de exposición para que alcance un grado de conversión semejante a una lámpara halógena” ²⁰.

4.1.1.1.1.a.5 Lámparas laser.

Para la polimerización de resinas compuestas, “el único láser disponible se denomina láser de argón, presenta como medio activo el gas de argón”¹¹. El fotón que contiene este tipo de laser hace que una gran energía se pueda concentrar en una superficie pequeña¹⁹. “Los aparatos de láser argón utilizan una longitud de onda de 488nm, la densidad de potencia es muy alta, entre 750 a 1300 mw/cm²” ²⁹.

Las ventajas de este tipo de laser es que no produce daño a nivel pulpar porque no hay un sobre calentamiento sobre la estructura dental, por otro lado este tipo de laser no tiene aún la capacidad de fotopolimerizar composites con fotoiniciadores diferentes a la canforquinona similar a la desventaja que presentan las lámparas Led de segunda generación por lo tanto limita su uso y debido a su alto costo son poco utilizados en la actualidad a pesar de que se polimerice en un tiempo de 10 segundos¹¹.

4.1.1.1.1.b INFLUENCIA DE LAS UNIDADES DE FOTOPOLIMERIZACIÓN EN LA PROFUNDIDAD DE CURADO.

- **Intensidad de la lámpara.**

Un aspecto a considerar siempre es la intensidad de luz ya que cuanto mayor sea esta mayor será la polimerización ya que influye directamente en el grado de conversión de los

composites²⁹. Para asegurar el éxito de la fotopolimerización, “se ha estipulado valores promedio de intensidad de luz en 400 mw/cm² con 40 segundos de exposición e incrementos de 2 mm de grosor”³⁷. Los problemas ocurren cuando la intensidad mínima no se alcanza debido a que:

- La ampolleta se desgasta con el tiempo y uso.
- Los cambios en el voltaje que puede afectar la emisión de luz azul
- La esterilización de las puntas de la lámpara de curado puede reducir la emisión de la luz y generar daños en el paso de esta.
- Alteración de los sistemas interno de la lámpara por factores externos como el polvo o agua³².

- **Temperatura.**

La gran mayoría de las lámparas producen calor, por aumento de temperatura²¹. Según investigaciones, “el calor aumenta la tasa de iniciación fotoquímica y la reacción de polimerización, y a su vez aumenta la cantidad de resina polimerizada, sin embargo este exceso de calor podría provocar pulpitis, aunque no hay estudios que lo comprueben”³⁷. Se recomienda enfriar con jeringa de aire, cuando se polimerizan capas profundas²¹.

- **Distancia luz – material.**

Se debe acortar la distancia pero tomando en cuenta que no exista contacto del material con la punta de la lámpara para no interferir con el proceso de polimerización²⁵. “Como la potencia de salida es la misma, al alejar la luz emergente del material se incrementa la superficie irradiada, ello disminuye la potencia por unidad de superficie y por consiguiente la calidad de polimerización obtenida”³³.

- **Filtros.**

Según investigaciones, “todas las unidades deben tener filtros para el rango del color azul y que absorban toda longitud de onda”³⁷.

- **Longitud de onda.**

El tipo de fuente de luz debe ser compatible con el fotoiniciador del composite, para garantizar la profundidad de curado de la resina. “El efecto de la longitud de onda disminuye con el aumento del tiempo de exposición y el intervalo más eficiente es entre 450 a 490nm”³⁵.

4.1.1.1.1 NORMA ISO 4049 ¹¹

Un método para definir el grosor máximo de los incrementos de resina compuesta fue establecido por la Organización Internacional de Normalización ISO, en la segunda edición de la norma ISO 4049³⁸. Este método es oficialmente denominado como “ISO 4049 actualización 2011”, esta Norma internacional especifica los requisitos para los materiales restauradores a base de resina para el uso primario en restauraciones directas de las cavidades clase I, IV y V.

La organización internacional de estandarización (ISO), desarrollo una especificación técnica para la medición de la intensidad de la luz de curado. Así sugieren una mínima intensidad de 300 mw/cm² entre una amplitud de banda 400 a 515 nm de la luz de curado. Además, para materiales de relleno fotopolimerizables, requiere que los composites tengan un mínimo de profundidad de curado de 1,5 mm, cuando son irradiados con el tiempo recomendado por el fabricante³.

Es importante destacar que muchas veces el clínico no sigue el protocolo adecuado para el fotocurado de resinas, el mismo que indica como máxima distancia de separación entre la guía de luz de la lámpara y la resina 1mm con la luz perpendicular al material, ya que la intensidad de la luz disminuye en función del cuadrado de la distancia a la superficie¹⁸. Esta distancia de separación clínica al fotopolimerizar es la mayor desventaja y no siempre se puede evitar, “si la distancia a la superficie es mayor a 3mm, la intensidad lumínica se reduce al 40% e inclusive pudiendo llegar a un 23%”³⁸.

Para evaluar la profundidad de curado de una resina la Organización Internacional de Normatización exige ciertos materiales específicos para la elaboración de las muestras como son:

- Molde de metal, para la preparación de una muestra cilíndrica de 6 mm de largo y 4mm de diámetro a menos que el fabricante indique una profundidad de curado con exceso de 5 mm, en tal caso, el molde debe ser de al menos 2mm más largo que el indicado para la profundidad de curado requerida.
- Dos losetas / portaobjetos, cada uno con suficiente área para cubrir la orilla del molde.
- Película, transparente o poliacetato para la activación de radiación, (50 + 30) Mm. de grosor.
- Energía de origen externo, es recomendada por el fabricante para usarse en la prueba de este material.
- Micrómetro digital, con exactitud de +0,01 mm.

- Espátula de plástico.

Para que la resina compuesta evaluada apruebe la norma ISO 4049, en lo que a profundidad de curado se refiere, esta prueba debe realizarse 3 veces y en el total de estas pruebas, la profundidad de curado no debe ser menor de 2 mm, o mayor a 0,5 mm por debajo del valor establecido por el fabricante.

4.2 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

- **Obra:** Profundidad de curado de resinas compuestas fluidas activadas con luz halógena y L.E.D. a través de distintos espesores de resina compuesta indirecta

Autor: Cohen M, & cols.

Resultados: Se evaluó la influencia del espesor de una resina compuesta indirecta en la profundidad de polimerización de resina fluida al ser activada con distintas fuentes de luz, interponiendo bloques de resina compuesta indirecta de distinto grosor. Se pudo constatar que el uso de luz LED aumenta la profundidad de polimerización de la resina fluida subyacente a la resina indirecta y ésta a mayor grosor disminuye la efectividad de polimerización. Así mismo, es posible lograr profundidades de polimerización adecuadas tanto con luz L.E.D. de segunda generación como con unidad halógena convencional al polimerizar resina fluida a través de cuerpos de resina indirecta de hasta 3 mm por 40 segundos. Estos valores resultan insuficientes al aumentar el espesor de la resina indirecta a 4 mm según la norma ISO: 4049:2009, por lo que es recomendable utilizar un cemento de activación dual cuando las restauraciones son de 4 mm de espesor o más.⁷

- **Obra:** Resistencia flexural y profundidad de polimerización: estudio in vitro de un composite nano-híbrido polimerizando con extra poder cuerpos de prueba de diferentes espesores

Autor: Díaz J.

Resultados: Se evaluó a través de pruebas de compresión y microdureza, la resistencia flexural y la eficiencia de polimerización de la resina TETRIC N- CERAM BULK FILL polimerizando cuerpos de prueba de 2, 4, 5mm de espesor con una lámpara LED de extra poder en donde se pudo concluir que la microdureza profunda y la resistencia flexural de la resina compuesta TETRIC N-CERAM BULK FILL nanohíbrida son inversamente proporcionales y varían de acuerdo espesor por capa de resina; en donde esta resina nanohíbrida fotopolimeriza completamente en capas incrementales de 2 mm al activarla con luz LED.⁸

- **Obra:** Estudio experimental para evaluar la profundidad curado de resinas compuestas mediante el método ISO 4049

Autor: Moore B.

Resultados: Se investigó la profundidad de polimerización de un compuesto de resina comercial en tres tipos: fluida, híbrido y fácil empaquetado. Los especímenes fueron activados durante 20 segundos, se raspó el material blando después de la

activación y se midió la longitud del material restante con un micrómetro digital en tres lugares y se obtuvo una longitud media. Este valor se divide por dos para obtener la profundidad de polimerización de la norma ISO 4049. Se concluyó que las resinas estudiadas en las formulaciones empacables fluida, híbrido no alcanzaron una profundidad de polimerización de 2 mm de curación con 20 segundos de exposición de luz.⁹

- **Obra:** Profundidad de curado de resinas con diferentes fotoiniciadores polimerizadas con dos lámparas LED

Autor: Fadul J. & Cols.

Resultados: No se encontraron diferencias significativas en la profundidad de curado obtenida con las dos lámparas ($p > 0.05$). En muestras de 2x8 mm con fenilpropanodiona se obtuvo una profundidad de curado promedio de 0.3986 y 0.4027 para la parte superior e inferior respectivamente y 0.3917 y 0.3999 para muestras de 4x8 mm. En muestras de 2x8 mm con canforquinona el promedio fue de 0.2801 y 0.2815 para la parte superior e inferior respectivamente y 0.3261 y 0.3264 para muestras de 4x8 mm.¹²

- **Obra:** Comparación de la profundidad de fotopolimerización de resinas fluidas a través de 4 porcelanas de alta opacidad

Autor: Aranda N, Aizencop D, Ehrmantraut M.

Resultados: Algunos de los grupos en estudio presentaron diferencias significativas entre sí dependiendo del grosor de la cerámica y el tipo de ella. Es posible polimerizar resina fluida a través de cerámicas de distinta opacidad obteniendo grosores de resina mayores a los que se establecen para la línea de cementación de las restauraciones de cerámica libre de metal. A través de bloques de cerámica de diferente opacidad y composición se obtiene polimerización de resina compuesta fluida, lo que permitiría usar esta resina como medio de cementación de restauraciones a base de cerámicas cuyos grosores permitan el paso de la luz.¹³

- **Obra:** Estudio comparativo in vitro de la profundidad de polimerización de resinas compuestas fluidas polimerizadas por luz L.E.D versus luz halógena, a través de resinas compuestas previamente endurecidas.

Autor: Cohen C, Iosef M.

Resultados: Al aumentar el espesor de la resina indirecta interpuesta disminuye el valor de profundidad de polimerización obtenida. Además se concluyó que es posible lograr una mayor profundidad de polimerización de la resina compuesta fluida mediante la unidad LED respecto a la unidad halógena convencional al interponer cuerpos de resina indirecta de 3 y 4 mm y que esta diferencia es estadísticamente significativa ($p < 0,05$) Además la profundidad de polimerización para ambos grupos polimerizados a través de cuerpos de resina indirecta de 4mm fue insuficiente según la norma ISO:4049:2009 por lo que podría ser necesario aumentar el tiempo de polimerización para obtener una profundidad de curado adecuada con estructuras de resina indirecta de espesores mayores a 3mm. ¹⁴

- **Obra:** Métodos de activación de la fotopolimerización

Autor: Carrillo C, Monroy M.

Resultados: Una energía aplicada sobre una resina en un periodo corto de tiempo, tratando de generar una polimerización más rápida, provoca que los monómeros de dimetacrilato se unan entre sí, resultando en polímeros con cadenas cortas, un material frágil y una restauración con mayor contracción y márgenes abiertos. Por lo tanto, la polimerización de las resinas compuestas, no siempre lo más rápido es lo mejor. ¹⁵

- **Obra:** Dispositivos LED para polimerização de resinas compostas dentais: comparação com outras fontes de luz.

Autor: Medeiros, I

Resultados: Se realizó la prueba de análisis térmico con resolución temporal, para verificar la variación térmica de celulosa en piezas extraídas según diferentes fuentes de luz. La variación determinada es la microdureza y resistencia a la tracción diametral después de la exposición a la fuente de luz (halógena, Led). Los resultados muestran que los LEDs en los dispositivos se ha convertido en factible para la polimerización de compuestos dentales, con algunas ventajas sobre otras fuentes de luz utilizadas para este propósito. ¹⁶

- **Obra:** Estudio comparativo in vitro de la profundidad de polimerización de resinas compuestas fluidas polimerizadas con lámpara de luz halógena a través de bloques de ARTGLASS

Autor: Rojas P.

Resultados: Se obtuvo que todas las comparaciones posibles presentaban diferencias estadísticamente significativas entre sí. Se concluyó que a mayor grosor de Artglass® interpuesto entre la resina compuesta fluida y el foco emisor de luz halógena, se obtiene una menor profundidad de polimerización de manera significativa. Al mismo tiempo se verificó, que a un mayor tiempo de exposición de luz halógena, se produce una mayor profundidad de polimerización de la resina compuesta fluida subyacente. ¹⁷

- **Obra:** Influencia de las unidades de curado LED y LUZ halógena sobre la resistencia compresiva de las resinas compuestas

Autor: Veiga M. & cols.

Resultados: Se observó que las resinas compuestas Filtek Supreme y Charisma polimerizadas por luz halógena presentaron los valores de resistencia a compresión estadísticamente superiores a los mostrados por los grupos polimerizados con LEDs. El grupo de Tetric Ceram no mostró diferencia estadísticamente significativa. Por los resultados obtenidos puede concluirse de que las resinas fotopolimerizadas por luz halógena presentaron los mejores resultados de resistencia a compresión con excepción de la resina compuesta Tetric Ceram¹⁸.

- **Obra:** Determinación de la profundidad de curado y propiedades mecánicas de composites dentales fotopolimerizables experimentales.

Autor: Veranes Y. & cols.

Resultados: Las formulaciones cuya matriz es Bis-GMA/ TEEDGMA/ MPS presentan los mayores valores de profundidad de curado, dureza, resistencias a la compresión y a la compresión diametral y menor desgaste de entre los materiales fotopolimerizables experimentales utilizados. El composite comercial fue el que mejores propiedades mecánicas presentó. ¹⁹

- **Obra:** Comparação de dois sistemas de fotoativação de resinas compostas, LED e lâmpada halógena: avaliação através de dureza em amostras de resina composta.

Autor: Pires H.

Resultados: Estos resultados indican que: 1) la eficiencia de las unidades de polimerización, tanto para lámpara halógena y basadas en LED basado en sistemas, se relaciona principalmente con la intensidad de la luz, así los dispositivos que mejor se comportó eran los de más poder, independientemente de la fuente utilizada; 2) es de fundamental importancia que los fabricantes de dispositivos de

luz de curado informen la longitud de onda emitida, y que los dentistas y los investigadores certifiquen y controlen la intensidad de la luz emitida por estos dispositivos. ²⁰

- **Obra:** Avaliação da resistência flexural, microinfiltração e grau de conversão de uma resina composta fotoativada com luz halógena e laser de argônio

Autor: Ramos P.

Resultados: El análisis del grado de conversión se hizo con FT-Raman RFS Espectrómetro de 100 / S (Bruker). Para la prueba de resistencia a la flexión se realizó el análisis de varianza, que no mostró diferencias estadísticamente significativas entre las fuentes estudiadas. La microfiltración de los márgenes oclusales (esmalte) y la goma (dentina) de los tres grupos que se analizaron por separado usando la prueba de Mann-Whitney. Se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis por separado en las comparaciones entre las fuentes para el análisis del grado de microfiltración en el esmalte y la dentina. No hubo diferencia estadísticamente significativa en ambas comparaciones, y el valor de $H = 0,1283$ para el esmalte y $H = 2,3083$ para la dentina. Para analizar el grado de conversión se realizó por análisis de varianza (ANOVA) entre los grupos. No hubo diferencia estadísticamente significativa entre las fuentes. Basándose en estos resultados, se puede decir que el láser de argón tiene fotoactivación calidad similar a la fuente de luz halógena. ²¹

- **Obra:** Depth of cure and mechanical properties of nano-hybrid resin-based composites with novel and conventional matrix formulation.

Autor: Karina E. Frauscher, Nicoleta Ilie.

Resultados: Aumentar el tiempo de polimerización resultó en un aumento significativo en la profundidad de curado. Los valores de 0,1 y 2 mm de profundidad (a granel, incremental), así como en 4 mm de profundidad (incremental) eran independientes del tiempo de curado, mientras que en mayores profundidades, los valores generalmente aumentaban con el tiempo de curado. "Técnica de llenado" y los materiales realizan la mayor influencia en las propiedades mecánicas. ²²

- **Obra:** Curing efficiency of modern led units.

Autor: Rencz A, Hickel R, Ilie N

Resultados: El tipo de resina, profundidad de curado, tiempo de polimerización fueron factores significativos que afectan a los parámetros de micro-mecánica. El

grado de curado a 6 mm de profundidad era menor pero significativamente influenciada por la unidad de curado y el tiempo de curado y era independiente del tipo de Resina. Un tiempo de irradiación 5-s no se recomienda para estas unidades. Mientras que a 5 s la irradiación es aceptable en la superficie de la muestra, es necesario un mínimo de 20 s de irradiación para una adecuada polimerización más allá de 2 mm.²³

- **Obra:** Quality of curing in relation to hardness, degree of cure and polymerization depth measured on a nano-hybrid composite.

Autor: Ilie N1, Hickel R.

Resultados: No se encontró correlación de los regímenes de curado probadas entre la profundidad de polimerización y dureza de la superficie, mientras que la profundidad de polimerización fue fuertemente dependiente del tiempo de polimerización y la exposición radiante. Por lo tanto, se concluyó que la dureza de la superficie no es un indicador fiable de la calidad de curado. El grado de curado fue fuertemente influenciado por la profundidad y tiempo de curado, mientras que la influencia del régimen de curado y de los productos de interacción entre estos tres factores fue baja. El mayor efecto de la variación de la dureza Vickers, medida 24 horas después de la polimerización, se ejerció también por la profundidad, seguido de curado régimen y el tiempo de curado.²⁴

- **Obra:** Effect of polymerization mode and time of adhesive system on microleakage in composite resin restorations

Autor: Soares GP & cols.

Resultados: No hubo diferencia estadística significativa en la microfiltración entre el modo de luz de curado y el tiempo de curado por luz. Diferentes modos de curado y aumentando el tiempo de curado no fueron factores que influyeron en el proceso de microfiltración.²⁵

5. HIPÓTESIS

Existen diferencias significativas en la profundidad de curado de las resinas nanohíbridas fotoactivadas con luz LED y luz halógena convencional.

CAPÍTULO II
PLANTEAMIENTO OPERACIONAL

1. MARCO METODOLÓGICO

Enfoque: El enfoque de la investigación es cuantitativo.

Diseño de Investigación: Descriptivo

Nivel de investigación: Comparativa

Tipo de Investigación.

- **Ámbito:** De laboratorio
- **Técnica:** Observacional
- **Temporalidad:** Transversal actual

2. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población de estudio fue de 46 bloques para cada grupo de resina Z350 xt de la marca comercial 3M, color A2, ESMALTE.

2.1 Criterios de selección: Para la formalización de la población se tendrán en cuenta los siguientes criterios

2.1.a Criterios de inclusión.

- Muestras donde el composite no haya quedado por debajo del borde superior del cilindro de prueba
- Muestras donde no hayan quedado restos de composite en el cilindro de prueba.

2.1.b Criterios de exclusión.

- Muestras donde el composite haya rebasado el borde superior del cilindro de prueba

2.3 Tamaño de la muestra.

Para saber exactamente el tamaño muestral se aplicó la siguiente fórmula³⁹:

$$n = \left(\frac{Z_a \sqrt{2 P_1(1 - P_1)} - Z_b \sqrt{P_2(1 - P_2) + P_1(1 - P_1)}}{P_2 - P_1} \right)^2$$

En donde:

- P1= 0,5 (representa el 50% de la probabilidad del suceso del fenómeno)
- P2= 0,95 (depende de la hipótesis del investigador)
- Za= 1,96 (representa el margen de error tipo I)
- Zb= -1,64 (representa el margen de error tipo II)
- N= tamaño de la muestra por saber

Sabiendo esto la formula con los valores reemplazados quedaría de la siguiente manera:

$$n = \left(\frac{1,96 \sqrt{2(0,5)(0,5)} - (-1,64) \sqrt{0,95(1 - 0,95) + (0,5)(0,5)}}{0,95 - 0,5} \right)^2$$

$$n = \left(\frac{3,0644271}{0,45} \right)^2$$

$$n = 46,37$$

Se establece como 46 el número de muestras de composite Z350 xt de la marca comercial 3M, color A2, ESMALTE, tanto para la fotoactivación con luz halógena como 46 muestras para la fotoactivación con luz LED.

Estas resinas se van a fotopolimerizar según las indicaciones de la casa comercial utilizando una lámpara de luz halógena convencional y una lámpara de luz LED de tercera generación modelo SDI.

Para evaluar la profundidad de polimerización se seguirá el procedimiento de la norma ISO 4049.

3. OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES⁴⁰

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	TIPO ESTADÍSTICO	ESCALA
Fuente de luz	Las lámparas de fotocurado son aquellas que emiten luz visible con cierta longitud de onda la cual permite iniciar el proceso de fotopolimerización al activar el fotoiniciador presente en el composite.	Las lámparas halógenas presentan una longitud de onda de 400 a 500 nm; y una densidad de potencia de 300 a 1000 mW/cm ² . Por otra parte, las lámparas LED presentan una longitud de onda de 440 a 480 nm; y una densidad de potencia de 1200 mW/cm ²	<ul style="list-style-type: none"> • Lámpara halógena, Bonart Plus • Lámpara Led de tercera generación modelo SDI, radii plus. 	Variable cualitativa	Nominal
Profundidad de curado	Cantidad de resina que polimeriza, medida desde la superficie irradiada hacia el interior.	Medición en milímetros de la longitud de resina polimerizada.	Micrómetro manual calibrado a +0.01mm	Variable cuantitativa	Razón

4. Instrumentos, materiales y recursos para la recolección de datos.

4.1. Instrumentos documentales: Los valores que se obtuvieron de la lectura del micrómetro se registraron en una ficha de recolección de datos elaborada por el autor de acuerdo a las necesidades de la investigación, estos valores se registraron como longitud absoluta, después cada longitud absoluta se dividió entre 2 y se obtuvo la profundidad de polimerización de cada muestra. (ANEXO 1)

4.2 Instrumentos mecánicos: Se utilizó para la recolección:

- Moldes de metal de acero para la preparación de una muestra cilíndrica de 6 mm de largo X 4 mm de ancho
- Loseta con suficiente área para cubrir la orilla del molde.
- Lámpara de fotocurado LED modelo SDI de tercera generación.
- Lámpara halógena convencional
- Micrómetro digital.
- Espátula de plástico.
- Espátulas de Composite.

4.3 Materiales.

Entre los materiales a utilizarse tenemos:

- Campos desechables
- Composite Z350 xt de la marca comercial 3M, A2, esmalte.
- Láminas de celuloide
- Vaselina
- Guantes de latex
- Mascarilla
- Gafas protectoras
- Uniforme de clínica UCACUE

4.4 Recursos.

Para llevar a cabo el estudio se necesitó contar con el apoyo de la Universidad Católica de Cuenca como recurso institucional, para poder ocupar los laboratorios y para poder ocupar una lámpara halógena de la clínica integral; además como recurso humano se contó con la asesoría de un catedrático odontólogo para poder desarrollar el tema, también se contó con el apoyo de los docentes integrantes del departamento de investigación para el correcto desarrollo de la tesis. Finalmente los gastos del proyecto serán autofinanciados por el autor.

5. PROCEDIMIENTO PARA LA TOMA DE DATOS

5.1 Ubicación espacial. La ciudad Santa Ana de los Cuatro Ríos de Cuenca, está ubicada en el centro austral de la República del Ecuador, es la capital de la provincia del Azuay, cuenta con 270 mil habitantes, su temperatura va de 7 a 15 grados centígrado en invierno y de 12 a 25 grados centígrados en verano. La superficie de área urbana es de 72

kilómetros cuadrados aproximadamente, tiene una alta cobertura de servicios básicos, es la tercera ciudad más importante de la República del Ecuador. Se caracteriza por su riqueza cultural y su gran variedad de museos. Está a 2500 metros sobre el nivel del mar.

La Universidad Católica de Cuenca es una universidad ecuatoriana fundada el 7 de septiembre de 1970, en la ciudad de Cuenca, con extensiones en Quito, Azogues, y la Amazonía. El presidente José María Velasco Ibarra firmó el 7 de septiembre de 1970 el Decreto Supremo de creación de la Universidad Católica de Cuenca. El decreto de creación publicado en el Registro Oficial nº 76 del 7 de octubre de 1970:

Art.1

Matriz Universidad Católica de Cuenca

Crearse, a partir de esa fecha, la Universidad Católica de Cuenca, con dominio en la misma ciudad y con atribuciones para organizar las Facultades, Escuelas que requieran para su desarrollo y las necesidades de la región, bajo el auspicio de los Educadores Católicos del Azuay.

El principal gestor de su creación fue César Cordero Moscoso, rector fundador.

En la actualidad alberga aproximadamente a 11.902

5.2 Ubicación temporal. La investigación se realizó en los meses de agosto a septiembre del año en curso.

5.3 Procedimientos para la toma de datos.

El estudio de profundidad de curado buscó conocer cuánto es la profundidad de polimerización de una resina nanohíbrida fotopolimerizada con luz halógena vs luz LED según la norma ISO 4049 a 0mm de distancia.

5.3.a Procedimiento para la confección de los moldes donde se elaborarán los bloques de resina.

Según la norma ISO 4049, la altura del molde donde se colocó la resina debía ser 2mm mayor que el doble de la profundidad afirmada por el fabricante; en este caso como se utilizó la resina Z350 xt de la casa comercial 3M, color A2, por lo tanto el molde midió 6mm de alto X 4mm de ancho.

5.3.b Procedimiento para la toma de datos de la profundidad de curado.

Se colocó en la base del molde de prueba una tira de celuloide, sobre la cual se colocó la resina de acuerdo con las instrucciones del fabricante, teniendo en cuenta de eliminar las burbujas de aire. Ligeramente sobre obturamos el molde y se puso una segunda tira de celuloide en la parte superior. Se presionó el molde y la tira de celuloide sobre la loseta para eliminar el exceso de material. Según Rueggeberg, indica que con una unidad de luz halógena el tiempo recomendado para la fotopolimerización es de 40 segundos, por lo tanto, es el tiempo que se irradió las muestras de composites sin distancia de la guía de la luz y con la lámpara LED de tercera generación se irradió 10 segundos siguiendo las instrucciones del fabricante (10 s para intensidad de luz $\geq 1200 \text{ mW/cm}^2$)⁴¹.

Removimos el espécimen del molde después de completar la exposición y suavemente retiramos el material sin curar con una espátula. Medimos la altura del cilindro del material curado con el micrómetro digital a una exactitud de + 0.01 mm. Registramos este valor y al dividirlo por 2 nos dio la profundidad de curado según norma ISO 4049.

Para que la resina compuesta evaluada apruebe la norma ISO 4049, en lo que a profundidad de curado se refiere, esta prueba debe realizarse 3 veces y en el total de estas pruebas, la profundidad de curado no debe ser menor de 2 mm, o mayor a 0,5 mm por debajo del valor establecido por el fabricante.

6. PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS DE DATOS

Utilizamos, “la prueba t en donde se compararon las medias y las desviaciones estándar de grupo de datos y se determinó si entre esos parámetros las diferencias son estadísticamente significativas o si sólo son diferencias aleatorias”³⁵.

7. ASPECTOS BIOÉTICOS

Este proyecto no implicó ningún conflicto bioético, ya que no afectó la integridad de un ser humano porque los datos recolectados fueron tomados en un laboratorio.

CAPÍTULO III

RESULTADOS, DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

1. RESULTADOS

Tabla 1. Distribución de las muestras de resina z350 xt, A2, esmalte, de acuerdo a los grupos de trabajo.

	MUESTRA	PORCENTAJE
HALÓGENA	46	50%
LED	46	50%
TOTAL	92	100%

Fuente: Ana Guerrero Bravo

Interpretación: Se estableció como 46 las muestras para que sean fotopolimerizados con la lámpara halógena por 40 segundos a 0mm de distancia; y 46 muestras para fotopolimerizarlas con la lámpara LED a una distancia de 0mm y con un tiempo de exposición de 10 segundos.

Tabla 2. Estadísticos descriptivos de la profundidad de curado de la lámpara de luz halógena.

ESTADÍSTICOS	L. HALÓGENA
MEDIA	2,26
MEDIANA	2,26
MODA	2,26
DESVIACIÓN ESTANDAR	0,02
VARIANZA	0,00
COEF. VARIACIÓN	0,01
X MIN	2,23
X MAX	2,29

Fuente: Ana Guerrero Bravo.

Interpretación: La media de la profundidad de curado de la lámpara halógena con un intervalo de confianza del 95% es del 2,26mm con una desviación estándar 0,02mm, el valor máximo que se alcanzó fue de 2,29mm, y el valor mínimo fue de 2,23mm.

Tabla 3. Estadísticos descriptivos de la profundidad de curado de la lámpara de luz LED.

ESTADÍSTICOS	L. LED
MEDIA	2,29
MEDIANA	2,29
MODA	2,29
DESVIACIÓN ESTANDAR	0,02
VARIANZA	0,00
COEF. VARIACIÓN	0,01
X MIN	2,25
X MAX	2,32

Fuente: Ana Guerrero Bravo.

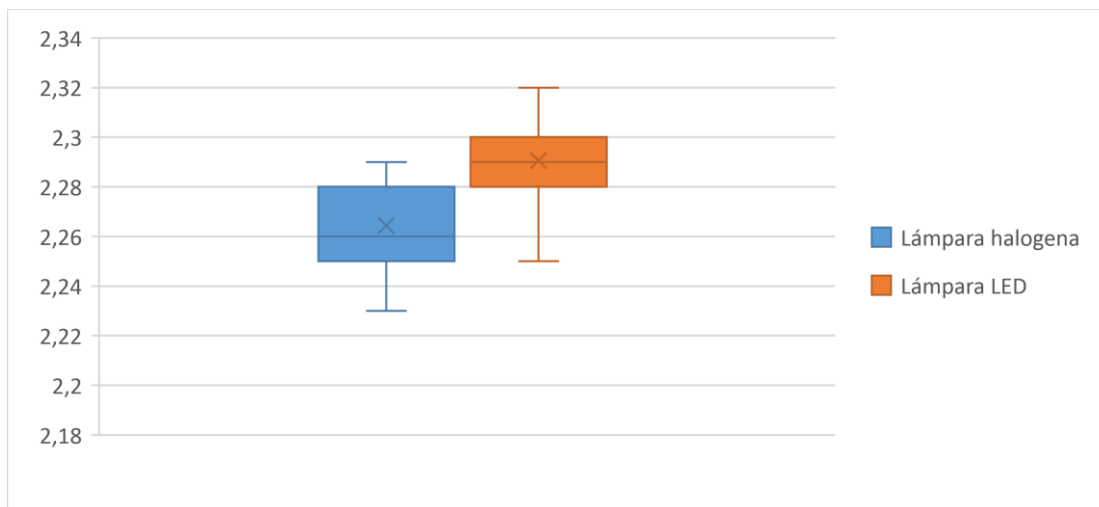
Interpretación: La media de la profundidad de curado de la lámpara Led con un intervalo de confianza del 95% es del 2,29mm con una desviación estándar 0,02mm, el valor máximo que se alcanzó fue de 2,32mm, y el valor mínimo fue de 2,25mm.

Tabla 4. Prueba t de Student y comparación de los resultados obtenidos con la luz halógena y con la luz LED.

ESTADÍSTICOS	L. HALÓGENA	L. LED
MEDIA	2,26	2,29
MEDIANA	2,26	2,29
MODA	2,26	2,29
DESVIACIÓN ESTANDAR	0,02	0,02
VARIANZA	0,00	0,00
COEF. VARIACIÓN	0,01	0,01
VALOR DE T DE STUDENT	0,00000001	

Fuente: Ana Guerrero Bravo.

Interpretación: Al aplicar la t de student, se pudo constatar que el valor de ($p < 0,05$) por lo tanto la hipótesis si se aprueba porque si existe una diferencia significativa en la profundidad de curado cuando los bloques de resina son fotopolimerizados con la lámpara halógena y con la lámpara Led.

Grafico 1. Distribución de la profundidad de curado.

Fuente: Ana Guerrero Bravo.

Interpretación: El valor mínimo de profundidad de curado se obtuvo con la lámpara halógena siendo este valor de 2,23mm y su máximo de 2,29mm a diferencia de la fotoactivación con la lámpara LED cuya profundidad de curado alcanza un máximo de 2,32mm y un mínimo de 2,25mm.

2. DISCUSIÓN

Los resultados de esta investigación determinaron que se obtiene una mayor profundidad de curado en una resina nano-híbrida cuando se fotopolimerizaba dicho composite con una unidad LED de tercera generación, que con una lámpara halógena, estos resultados son similares a los obtenidos en un estudio realizado por Caro en el año 2012, en donde concluyó “que es posible lograr una mayor profundidad de polimerización en resinas compuestas mediante la unidad LED respecto a la unidad halógena convencional y que esta diferencia es estadísticamente significativa ($p < 0,05$)”⁷⁻¹⁴.

Se pudo constatar que se puede lograr una polimerización correcta en cuerpos de resina compuesta de hasta 2mm con una lámpara convencional y con una lámpara LED de tercera generación, ya que a mayor grosor de la resina mayor deberá de ser la intensidad de la luz y el tiempo de exposición, coincidiendo estos resultados con los obtenidos en el estudio realizado el año 2014, por Yap A. & cols³².

En los análisis estadísticos de este proyecto se observó que hay una diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los dos grupos de muestra al aplicar la t de student, estos resultados son similares a los obtenidos en una investigación realizada por Santini, en donde la mayor profundidad de polimerización la obtuvo con una lámpara de alta potencia (LED) a 0mm de distancia que con una distancia mayor²⁷.

El valor más alto de profundidad de curado fue conseguido con la lámpara LED siendo este valor de 2,32mm y el valor más bajo fue de 2.23mm conseguido con una halógena, estos resultados son similares a los obtenidos por Nomoto en el año 2004, en donde consiguió valores semejantes siendo de 2,39mm la profundidad de curado más alta obtenida con una unidad de alta potencia por 10 segundos³⁴.

En 2005 Varanes realizó un estudio donde, “evaluó la profundidad de polimerización de composites dentales fotopolimerizables”, dentro de estas resinas se encontraba la resina Tetric N Ceram; la determinación de la profundidad de polimerización se realizó según la norma ISO 4049; en los resultados se observó que la profundidad de curado fue de 2.49 ± 0.03 mm¹⁹; estos resultados tienen un valor un poco mayor a los obtenidos en esta investigación donde la profundidad de polimerización fue de 2.32mm, valor obtenido bajo los mismos criterios del Organismo Internacional de Normalización.

El tiempo de exposición de las muestras de resina fueron de acuerdo a las indicaciones del fabricante, en el caso de la resina z350 xt se aplicó por 40 segundos la luz halógena y por 10 segundos la luz de alta potencia, sin embargo en un estudio realizado por Kopperud en

el año 2015 se determinó que el tiempo de exposición debe de ser mayor al sugerido por el fabricante si se quiere lograr una profundidad de curado adecuada ya que las condiciones del ambiente pueden variar y por lo tanto afectar a la resina²⁶.

Este proyecto investigativo fue realizado siguiendo los parámetros establecidos por la norma ISO 4049 ya que este organismo especifica los requisitos para los materiales restauradores a base de resina, semejante al estudio realizado por Caro en el año 2012 realizado bajos estos mismos parametros¹⁴.

3. CONCLUSIONES

- Existen diferencias significativas en la profundidad de polimerización de cuerpos de resina fotoactivadas con luz Led en relación a las fotopolimerizadas con luz halógena
- El valor obtenido de la profundidad de curado de las muestras de resina z350 xt, A2, esmalte, fotoactivadas con luz halógena (Bonart Plus), con un tiempo de exposición de 40 segundos, a una distancia de 0mm fue de $2,26 \pm 03\text{mm}$.
- Las muestras de resina z350 xt, A2, esmalte, fotoactivadas con luz LED de tercera generación (radii plus), con un tiempo de exposición de 10 segundos y una distancia 0mm fue de $2,29 \pm 03\text{mm}$.

4. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que, en las clínicas de la carrera de Odontología de la Unidad Académica de Salud y Bienestar, se utilicen lámparas de luz LED de tercera generación debido a que se obtiene una mayor profundidad de curado y una mayor fotopolimerización en las resinas convencionales.
- Se recomienda que los incrementos de resina no superen los 2mm de espesor, con una distancia de 0mm entre la luz guía y el composite, cumpliendo las especificaciones de la casa comercial de resinas convencionales.

BIBLIOGRAFÍA

1. Rodríguez D, Pereira N. Evolución y tendencias actuales de las resinas. Acta Odontológica venezolana, 2008; 46(3) : 1-19. Disponible en: http://www.actaodontologica.com/ediciones/2008/3/evolucion_tendencias_resinas_compuestas.asp
2. Hervas A, Martínez M.A, y col. Resinas compuestas. Revisión de los materiales e indicaciones clínicas. Med Oral patol Oral Cir Bucal. 2006; 11: 215-20.
3. Domínguez R, Corral D, Bader M. Análisis comparativo in vitro del grado de sellado marginal de restauraciones de resina compuesta realizadas con una material monoincremental (tetric n-ceram bulk fill), y uno convencional (tetric n-ceram). Revista Dental de Chile. 2015; CVI(1): p. 15-19.
4. Flury S, Hayoz S, Peutzfeldt A, Hüsler J, Lussi A. Depth of cure of resin composites: is the iso 4049 method suitable for bulk fill materials? Dental Materials. 2012; XXVIII: p. 521-528.
5. Botto I. Estudio comparativo in vitro de la resistencia comprensiva y la dureza superficial de un sistema de resina compuesta monoincremental y uno convencional. [Online].; 2013 [citado 2015 Julio 5. Disponible en: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/117406/Botto%20I.pdf?sequence=1>.
6. Sarmiento, J. Efectividad de la polimerización con distintas unidades halógenas y leds: análisis del grado de conversión de resinas compuestas fotoactivadas extraclaras con distintas unidades de polimerización halógenas y de diodos. Revista Odontología Restauradora y estética, 2007; 1(1):16-17
7. Caro M, Aizencop D, Ehrmantraut M. Profundidad de curado de resinas compuestas fluidas activadas con luz halógena y LED. a través de distintos espesores de resina compuesta indirecta. [Online].; 2014 [citado 2015 Julio 16. Disponible en: http://www.revistadentaldechile.cl/temas%20noviembre%202014/pdf/profundidad_de_curado_web.pdf

8. Díaz J. Resistencia flexural y profundidad de polimerización: estudio in vitro de un composite nano-híbrido polimerizando con extra poder cuerpos de prueba de diferentes espesores. Universidad Central de Ecuador, Quito. (2014). Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/5381/1/T-UCE-0015-222.pdf>
9. Moore B. Depth of cure of dental resin composites: iso 4049 depth and microhardness of types of materials and shades. Operative dentistry [revista en Internet]. 2008 [Jul]; 33(4): 408-412.
10. Shortal AC, Palin WM, Burtscher P. Refractive index mismatch and monomer reactivity influence composite curing depth. J Dent. Res 2008; 87: (2) 84 – 8.
11. ISO 4049 Dentistry-polymer-based filling, restorative and luting materials, 3rd edition 2000.
12. Fadul J, Molina C, Yáñez E, Luna L. Profundidad de curado de resinas con diferentes fotoiniciadores polimerizadas con dos lámparas LED. vol. 27, núm. 59, enero-diciembre, (2008), pp. 15-22. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=231218569002>
13. Aranda N, Aizencop D, Ehrmantraut M. Comparación de la profundidad de fotopolimerización de resinas fluidas a través de 4 porcelanas de alta opacidad. Rev. Clin. Periodoncia Implantol. Rehabil. Oral Vol. 6(3); 123-126, (2013).
14. Caro C, Iosef M. Estudio comparativo in vitro de la profundidad de polimerización de resinas compuestas fluidas polimerizadas por luz L.E.D. versus luz halógena, a través de resinas compuestas previamente endurecidas. (2012). Disponible en <http://www.repositorio.uchile.cl/handle/2250/111665>
15. Carrillo SC, Monroy PM. Métodos de activación de la fotopolimerización parte II. Rev. ADM (2009); 66 (5). Disponible en: <http://new.medigraphic.com/cgi-bin/resumen.cgi?IDARTICULO=28840>
16. Medeiros, Igor. Dispositivos LED para polimerização de resinas compostas dentais: comparação com outras fontes de luz. [dissertação]. São Carlos: Universidad de São Paulo, Ciência e Engenharia de Materiais; 2001 [acceso 2016-07-06]. Disponible en: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/88/88131/tde-07042010->

- [155505/](#).
17. Rojas P. Estudio comparativo in vitro de la profundidad de polimerización de resinas compuestas fluidas polimerizadas con lámpara de luz halógena a través de bloques de artglass [Internet]. Santiago, Chile: Universidad de Chile - Facultad de Odontología; (2012) [citado: 2016, julio]. Disponible en: <http://www.repositorio.uchile.cl/handle/2250/114218>
 18. Veiga de Melo M, Ribeiro M, Rabelo J, Candido dos Reis A, Orbegoso V. Influencia de las unidades de curado led y luz halógena sobre la resistencia compresiva de las resinas compuestas. Acta odontol. venez [Internet]. (2007) [citado 2016 Jul 06] ; 45(2): 209-212. Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-63652007000200014&lng=es.
 19. Varanes Y, Autran F, Álvarez R, Gil-Mur F. Determinación de la profundidad de curado y propiedades mecánicas de composites dentales fotopolimerizables experimentales. Rcoe [Internet]. (2005) Abr [citado 2016 Jul 07] ; 10(2): 161-170. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1138-123X2005000200003
 20. Pires, H. Comparação de dois sistemas de fotoativação de resinas compostas, led e lâmpada halógena: avaliação através de dureza em amostras de resina composta [dissertação]. Bauru: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia de Bauru; (2005) [acesso 2016-07-06]. Disponible en: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/25/25131/tde-05092005-103811/>.
 21. Ramos P. Avaliação da resistência flexural, microinfiltração e grau de conversão de uma resina composta fotoativada com luz halógena e laser de argônio [tese]. São Paulo: , Faculdade de Odontologia; (2007) [acesso 2016-07-06]. Disponible en: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/23/23134/tde-23052007-143833/>.
 22. Frauscher K, Ilie N. Depth of cure and mechanical properties of nano-hybrid resin-based composites with novel and conventional matrix formulation. Clin Oral Investig. (2012) October; 16(5): 1425–1434. Published online 2011 December 2. doi: 10.1007/s00784-011-0647-3. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22134667>

23. Rencz A, Hickel R, Ilie N. Curing efficiency of modern LED units. *Clin Oral Investig.* (2012) February; 16(1): 173–179. Published online 2011 January 14. doi: 10.1007/s00784-010-0498-3. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21234624>
24. Ilie N1, Hickel R. Quality of curing in relation to hardness, degree of cure and polymerization depth measured on a nano-hybrid composite. *Am J Dent.* (2007) Aug; 20(4):263-8. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17907492>
25. Soares GP, Silva GG, Ambrosano GM, Lima DA, Marchi GM, Lovadino JR, Aguiar FH. Effect of polymerization mode and time of adhesive system on microleakage in composite resin restorations. *J Investig Clin Dent.* (2014) Nov;5(4):289-94. doi: 10.1111/jicd.12060. Epub 2013 Aug 15. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23946239>
26. Kopperud H, Johnsen G, Lamolle S, Kleven IS, Wellendorf H, Haugen HJ. Effect of short led lamp exposure on wear resistance, residual monomer and degree of conversion for filtek z250 and tetric evoceram composites. *Dent Mater.* (2013) Aug; 29(8):824-34. doi: 10.1016/j.dental.2013.04.022. Epub 2013 Jun 10. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23764027>
27. Santini A. Current status of visible light activation units and the curing of light-activated resin-based composite materials. *Dent Update.* (2010 May); 37(4): 214-6, 218-20, 223-7. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20527496>
28. Krämer N, Lohbauer U, García-Godoy F, Frankenberger R. Light curing of resin-based composites in the LED era. *Am J Dent.* (2008) June; 21(3): 135–142. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18686762>
29. Hiroyuki A, Takahito K, Koichi F, Hideo T, Seiji B. Effect of inhomogeneity of light from light curing units on the surface hardness of composite resin. *Dent Mater J.* (2008) January; 27(1): 21–28. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18309608>

30. Jiménez A, Planas J, Abalos C, Llamas R. Developments in polymerization lamps. *Quintessence Int.* (2008) February; 39(2): e74–e84. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18560645>
31. Yin-Chu Chen, Jack L. Ferracane, Scott A. Prahl. Quantum yield of conversion of the photoinitiator camphorquinone. *Dent Mater.* 2007 June; 23(6): 655–664. Published online (2006) July 21. doi: 10.1016/j.dental.2006.06.005. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16859741>
32. Yap A, Soh M. Curing efficacy of a new generation high-power led lamp. *Oper Dent.* (2005) Nov-Dec; 30(6): 758–763. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16382599>
33. Tarle Z, Knezevic A, Demoli N, Meniga A, Sutaloa J, Unterbrink G, Ristic M, Pichler G. Comparison of composite curing parameters: effects of light source and curing mode on conversion, temperature rise and polymerization shrinkage. *Oper Dent.* (2006) Mar-Apr; 31(2): 219–226. doi: 10.2341/05-15. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16827025>
34. Nomoto R, McCabe J, Hirano S. Comparison of halogen, plasma and LED curing units. *Oper Dent.* (2004) May-Jun; 29(3): 287–294. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15195729>
35. Kleverlaan C, Gee A. Curing efficiency and heat generation of various resin composites cured with high-intensity halogen lights. *Eur J Oral Sci.* (2004) February; 112(1): 84–88. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14871198>
36. Shortall A, Harrington E. Temperature rise during polymerization of light-activated resin composites. *J Oral Rehabil.* (1998) December; 25(12): 908–913. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9888225>
37. Hansen E, Asmussen E. Correlation between depth of cure and temperature rise of a light-activated resin. *Scand J Dent Res.* 1993 June; 101(3): 176–179. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8322013>
38. P.L. Fan, Ryan M. Schumacher y col. Curing – light intensity and depth of cure of resin – based composites tested according to international standards- iso 4049.

- JADA, 2002; 133(1): 429 – 434.
39. Villavicencio-Caparó E. El tamaño muestral en tesis de post grado ¿cuántas personas debo encuestar? Research Gate. [Online]. Arequipa; 2010 [Visitado 28 – agosto-2016 Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/283352423_EL_TAMANO_MUESTRAL_EN_TESIS_DE_POST_GRADO_CUANTAS_PERSONAS_DEBO_ENCUESTAR
40. Villavicencio-Caparó E, Sayago-Heredia J, Katherine CL, Velez-León E, Cabrera-Duffaut A. Pasos para la planificación de una investigación clínica. Odontología Activa. 2016;: p. 73-75. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/303250030_PASOS_PARA_LA_PLANIFICACION_DE_LA_TESIS_STEPS_FOR_THESIS_PLANNING
41. Rueggeberg FA. State of the art: Dental photocuring: A review. Dent Mater 2011; 27:39–52.

ANEXOS

Anexo 1: Ficha de recolección de datos.

	Resina Z350 xt (3M)			
	Distancia= 0mm			
40 segundos de fotopolimerización	Lámpara halógena	Longitud absoluta	Profundidad de polimerización	
20 segundos de fotopolimerización	Lámpara LED de tercera generación			

Anexo 2. Profundidad de polimerización de la resina nano-híbrida fotoactivada con luz halógena por 40 segundos a 0mm.

MUESTRA	LONGITUD ABSOLUTA	PROFUNDIDAD DE POLIMERIZACIÓN	VALOR PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTANDAR
1	4,49	2,24	2,24	0,01
	4,46	2,23		
	4,48	2,24		
2	4,49	2,24	2,25	0,01
	4,51	2,25		

	4,48	2,24		
3	4,51	2,25	2,26	0,00
	4,5	2,25		
	4,52	2,26		
4	4,55	2,27	2,25	0,04
	4,41	2,21		
	4,56	2,28		
5	4,44	2,22	2,24	0,01
	4,41	2,21		
	4,43	2,22		
6	4,41	2,21	2,23	0,00
	4,42	2,21		
	4,41	2,21		
7	4,51	2,26	2,25	0,00
	4,5	2,25		
	4,52	2,26		
8	4,51	2,26	2,27	0,01
	4,55	2,28		
	4,56	2,28		
9	4,48	2,24	2,25	0,01
	4,47	2,24		
	4,5	2,25		
10	4,55	2,28	2,27	0,01
	4,57	2,29		
	4,56	2,28		
11	4,48	2,24	2,24	0,02
	4,5	2,25		
	4,54	2,27		
12	4,52	2,26	2,26	0,01
	4,54	2,27		
	4,5	2,25		
13	4,55	2,28	2,26	0,01
	4,53	2,27		
	4,52	2,26		
14	4,55	2,28	2,28	0,02
	4,56	2,28		
	4,5	2,25		
15	4,56	2,28	2,29	0,01
	4,58	2,29		
	4,56	2,28		
16	4,58	2,29	2,27	0,02
	4,5	2,25		

	4,52	2,26		
17	4,56	2,28	2,28	0,02
	4,52	2,26		
	4,5	2,25		
18	4,48	2,24	2,25	0,01
	4,48	2,24		
	4,46	2,23		
19	4,52	2,26	2,24	0,01
	4,48	2,24		
	4,5	2,25		
20	4,56	2,28	2,27	0,02
	4,54	2,27		
	4,5	2,25		
21	4,54	2,27	2,26	0,01
	4,52	2,26		
	4,54	2,27		
22	4,58	2,29	2,27	0,01
	4,56	2,28		
	4,58	2,29		
23	4,54	2,27	2,26	0,01
	4,5	2,25		
	4,52	2,26		
24	4,56	2,28	2,26	0,02
	4,52	2,26		
	4,58	2,29		
25	4,52	2,26	2,27	0,01
	4,54	2,27		
	4,53	2,27		
26	4,45	2,23	2,24	0,02
	4,47	2,24		
	4,41	2,21		
27	4,58	2,29	2,27	0,02
	4,5	2,25		
	4,52	2,26		
28	4,56	2,28	2,26	0,02
	4,52	2,26		
	4,5	2,25		
29	4,48	2,24	2,24	0,01
	4,48	2,24		
	4,46	2,23		
30	4,52	2,26	2,25	0,01
	4,48	2,24		
	4,5	2,25		
31	4,56	2,28	2,27	0,02
	4,54	2,27		

	4,5	2,25		
32	4,48	2,24	2,26	0,02
	4,5	2,25		
	4,54	2,27		
33	4,52	2,26	2,26	0,01
	4,54	2,27		
	4,5	2,25		
34	4,55	2,28	2,27	0,01
	4,53	2,27		
	4,52	2,26		
35	4,55	2,28	2,27	0,02
	4,56	2,28		
	4,5	2,25		
36	4,49	2,25	2,25	0,01
	4,46	2,23		
	4,48	2,24		
37	4,49	2,25	2,26	0,01
	4,51	2,26		
	4,48	2,24		
38	4,51	2,26	2,25	0,00
	4,5	2,25		
	4,52	2,26		
39	4,55	2,28	2,25	0,04
	4,41	2,21		
	4,56	2,28		
40	4,51	2,26	2,25	0,00
	4,5	2,25		
	4,52	2,26		
41	4,51	2,26	2,27	0,01
	4,55	2,28		
	4,56	2,28		
42	4,48	2,24	2,24	0,01
	4,47	2,24		
	4,5	2,25		
43	4,55	2,28	2,28	0,01
	4,57	2,29		
	4,56	2,28		
44	4,48	2,24	2,25	0,02
	4,5	2,25		
	4,54	2,27		
45	4,52	2,26	2,27	0,01
	4,54	2,27		
	4,5	2,25		
46	4,51	2,26	2,25	0,00
	4,5	2,25		

	4,52	2,26		
--	------	------	--	--

Fuente: Ana Guerrero Bravo.

Interpretación: La mayor profundidad de curado de una resina nano-híbrida fotoactivada con luz halógena por 40 segundos a 0 mm de distancia es de 2.29mm.

Anexo 3. Fotografías de los bloques de resina con su respectiva medida (profundidad de curado) fotopolimerizados con luz halógena.

Fuente: Ana Guerrero



Muestra 1 (2,24mm) Muestra 2 (2,25mm) Muestra 3 (2,26mm) Muestra 4 (2,25mm)



Muestra 5 (2,24mm) Muestra 6 (2,23mm) Muestra 7 (2,25mm) Muestra 8 (2,27mm)



Muestra 9 (2,25mm) Muestra 10 (2,27mm) Muestra 11 (2,24mm) Muestra 12 (2,26mm)



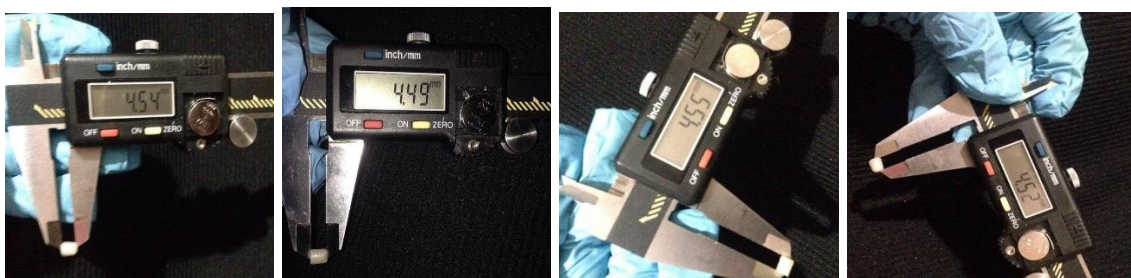
Muestra 13 (2,26mm) Muestra 14 (2,28mm) Muestra 15 (2,29mm) Muestra 16 (2,27mm)



Muestra 17(2,28mm)Muestra 18(2,25mm) Muestra 19(2,24mm) Muestra 20(2,27mm)



Muestra 21(2,26mm) Muestra 22(2,27mm) Muestra 23(2,26mm) Muestra 24(2,26mm)



Muestra 25(2,27mm)Muestra 26(2,24mm) Muestra 27(2,27mm) Muestra 28(2,26mm)



Muestra 29(2,24mm)Muestra 30(2,25mm) Muestra 31(2,27mm) Muestra 32(2,26mm)



Muestra 33(2,26mm)Muestra 34(2,27mm) Muestra 35(2,27mm) Muestra 36(2,25mm)



Muestra37(2,26mm) Muestra38(2,25mm) Muestra39(2,25mm) Muestra40(2,25mm)



Muestra41(2,27mm) Muestra42(2,24mm) Muestra43(2,28mm) Muestra44(2,29mm)



Muestra45(2,27mm) Muestra46(2,25mm)

Anexo 4. Profundidad de polimerización de una resina nano-híbrida fotoactivada con una lámpara LED modelo SDI de tercera generación por 10 segundos a 0mm de distancia.

MUESTRA	LONGITUD ABSOLUTA	PROFUNDIDAD DE POLIMERIZACIÓN	VALOR PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTANDAR
1	4,5	2,25	2,26	0,01
	4,54	2,27		
	4,52	2,26		
2	4,56	2,28	2,27	0,02
	4,54	2,27		
	4,5	2,25		
3	4,52	2,26	2,26	0,02
	4,56	2,28		
	4,5	2,25		

4	4,56	2,28	2,29	0,01
	4,59	2,30		
	4,59	2,30		
5	4,52	2,26	2,26	0,02
	4,5	2,25		
	4,56	2,28		
6	4,63	2,32	2,31	0,00
	4,62	2,31		
	4,61	2,31		
7	4,5	2,25	2,26	0,02
	4,52	2,26		
	4,56	2,28		
8	4,52	2,26	2,25	0,01
	4,5	2,25		
	4,48	2,24		
9	4,63	2,32	2,31	0,00
	4,62	2,31		
	4,61	2,31		
10	4,48	2,24	2,26	0,02
	4,5	2,25		
	4,56	2,28		
11	4,54	2,27	2,26	0,01
	4,5	2,25		
	4,54	2,27		
12	4,63	2,32	2,32	0,00
	4,63	2,32		
	4,64	2,32		
13	4,56	2,28	2,28	0,01
	4,58	2,29		
	4,54	2,27		
14	4,5	2,25	2,26	0,02
	4,52	2,26		
	4,56	2,28		
15	4,52	2,26	2,27	0,02
	4,58	2,29		
	4,52	2,26		
16	4,63	2,32	2,32	0,00
	4,63	2,32		
	4,64	2,32		
17	4,48	2,24	2,26	0,02
	4,5	2,25		

	4,56	2,28		
18	4,54	2,27	2,26	0,01
	4,5	2,25		
	4,54	2,27		
19	4,52	2,26	2,27	0,02
	4,54	2,27		
	4,58	2,29		
20	4,56	2,28	2,28	0,01
	4,58	2,29		
	4,54	2,27		
21	4,5	2,25	2,26	0,01
	4,54	2,27		
	4,52	2,26		
22	4,56	2,28	2,27	0,02
	4,54	2,27		
	4,5	2,25		
23	4,52	2,26	2,26	0,02
	4,56	2,28		
	4,5	2,25		
24	4,56	2,28	2,27	0,02
	4,54	2,27		
	4,5	2,25		
25	4,63	2,32	2,31	0,00
	4,62	2,31		
	4,61	2,31		
26	4,52	2,26	2,25	0,01
	4,5	2,25		
	4,48	2,24		
27	4,63	2,32	2,32	0,00
	4,64	2,32		
	4,64	2,32		
28	4,54	2,27	2,26	0,01
	4,5	2,25		
	4,54	2,27		
29	4,52	2,26	2,27	0,02
	4,54	2,27		
	4,58	2,29		
30	4,63	2,32	2,32	0,00
	4,64	2,32		
	4,64	2,32		
31	4,5	2,25	2,26	0,02

	4,52	2,26		
	4,56	2,28		
32	4,6	2,30	2,30	0,01
	4,59	2,30		
	4,61	2,31		
33	4,58	2,29	2,29	0,01
	4,56	2,28		
	4,58	2,29		
34	4,5	2,25	2,26	0,02
	4,52	2,26		
	4,56	2,28		
35	4,52	2,26	2,25	0,01
	4,5	2,25		
	4,48	2,24		
36	4,6	2,30	2,30	0,01
	4,59	2,30		
	4,61	2,31		
37	4,56	2,28	2,27	0,02
	4,54	2,27		
	4,5	2,25		
38	4,52	2,26	2,26	0,02
	4,56	2,28		
	4,5	2,25		
39	4,56	2,28	2,27	0,02
	4,54	2,27		
	4,5	2,25		
40	4,56	2,28	2,28	0,01
	4,58	2,29		
	4,54	2,27		
41	4,5	2,25	2,26	0,01
	4,54	2,27		
	4,52	2,26		
42	4,6	2,30	2,30	0,01
	4,59	2,30		
	4,61	2,31		
43	4,56	2,28	2,28	0,01
	4,58	2,29		
	4,54	2,27		
44	4,65	2,33	2,32	0,01
	4,63	2,32		
	4,64	2,32		

45	4,52	2,26	2,27	0,02
	4,58	2,29		
	4,52	2,26		
46	4,59	2,30	2,30	0,01
	4,62	2,31		
	4,61	2,31		

Fuente: Ana Guerrero Bravo.

Interpretación: La mayor profundidad de curado de una resina nano-híbrida fotoactivada con luz LED por 10 segundos a 0 mm de distancia es de 2.32mm.

Anexo 5. Fotografías de los bloques de resina con su respectiva medida (profundidad de curado) fotopolimerizados con luz LED.

Fuente: Ana Guerrero



Muestra1(2,26mm) Muestra2(2,27mm)Muestra3(2,26mm) Muestra4 (2,29mm)



Muestra5(2,26mm) Muestra6(2,31mm) Muestra7(2,26mm) Muestra8(2,25mm)



Muestra9(2,31mm) Muestra10(2,26mm) Muestra11(2,26mm) Muestra12(2,32mm)



Muestra13(2,28mm)Muestra14(2,26mm) Muestra15(2,27mm) Muestra16(2,32mm)



Muestra17(2,26mm)Muestra18(2,26mm) Muestra19(2,27mm) Muestra20(2,28mm)



Muestra21(2,26mm)Muestra22(2,27mm) Muestra23(2,26mm) Muestra24(2,27mm)



Muestra25(2,31mm)Muestra26(2,25mm) Muestra27(2,32mm) Muestra28(2,26mm)



Muestra29(2,27mm)Muestra30(2,32mm) Muestra31(2,26mm) Muestra32(2,30mm)



Muestra33(2,29mm)Muestra34(2,26mm) Muestra35(2,25mm) Muestra36(2,30mm)



Muestra37(2,27mm)Muestra38(2,26mm) Muestra39(2,27mm) Muestra40(2,28mm)



Muestra41(2,26mm)Muestra42(2,30mm) Muestra43(2,28mm) Muestra44(2,32mm)



Muestr45(2,27mm) Muestra46(2,30mm)



4. Lámpara halógena, Bonart Plus



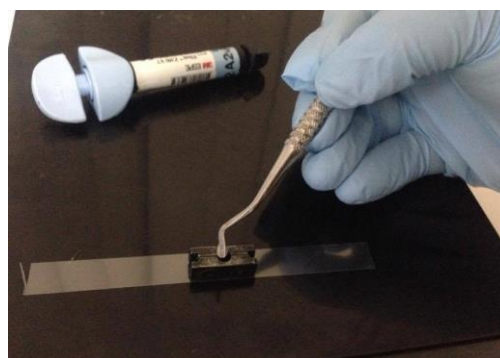
5. Micrómetro digital calibrado a 0,01mm

Anexo 6. Proceso de la recolección de datos de la profundidad de curado según las especificaciones de la norma ISO 4049

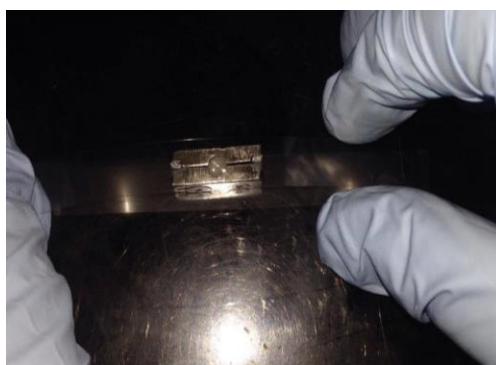
Fuente: Ana Guerrero



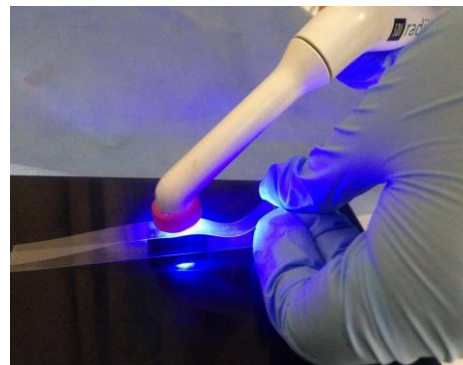
1. Colocación de la lámina de poliacetato en la base del cilindro



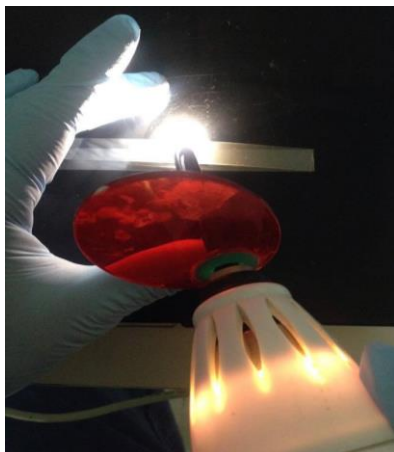
2. Colocación de la resina en el cilindro



3. Colocación de la lámina de poliacetato en la parte superior



4. Fotocurado de la resina a 0mm de distancia con la lámpara Led por 10s



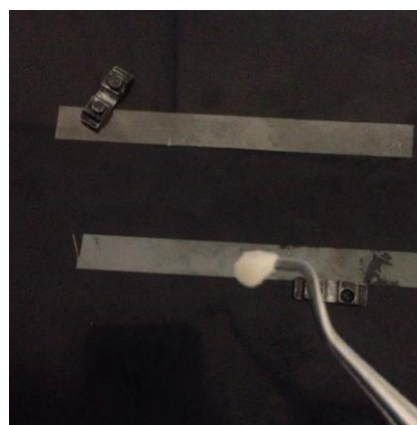
5. Fotocurado de la resina a 0mm de distancia con la lámpara halógena por 40s.



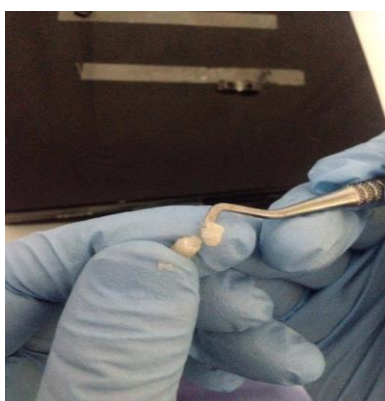
6. Muestra de resina luego de la polimerización



7. Retiro de la muestra de resina del cilindro con una espátula



8. Muestra obtenida



9. Raspado de la superficie inferior para eliminar la resina que no polimerizó



10. Medición de la altura de las muestras de resina con el micrómetro digital



11. Rotular y guardar en bolsas de esterilización