



FACULTAD DE MEDICINA HUMANA Y CIENCIAS DE LA SALUD

ESCUELA PROFESIONAL DE ESTOMATOLOGIA

**“RELACIÓN ENTRE LA PROFUNDIDAD DE POLIMERIZACIÓN
DE RESINA COMPUESTA NANOHÍBRIDA BULK FILL, Y LAS
DIFERENTES DISTANCIAS DE FOTO ACTIVACIÓN, TACNA
2017”**

TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE

CIRUJANO DENTISTA

BACHILLER

MARÍN HURTADO, RICHARD ERNESTO

TACNA – PERU

AÑO - 2017

“RELACIÓN ENTRE LA PROFUNDIDAD DE POLIMERIZACIÓN DE RESINA
COMPUESTA NANOHÍBRIDA BULK FILL, Y LAS DIFERENTES DISTANCIAS
DE FOTO ACTIVACIÓN”

Esta tesis fue evaluada y aprobada para la obtención del título de

Cirujano Dentista por la universidad Alas Peruanas

C.D. FRANCISCO ALFREDO GÓNGORA QUISPE

C.D. VICTOR HUGO ZEGARRA FRANCO

C.D. EDGAR OSWALDO ELÍAS COLQUE

DEDICATORIA

El presente trabajo el cual representa los años de estudio, dedicación y esfuerzo se lo debo a Dios por ser la luz y guía en mi camino.

A mi madre María Antonieta Hurtado, porque con su amor y coraje me enseñó ser perseverante y luchar por mis sueños.

A mi hermano Max Tarquino Hurtado por brindarme su apoyo y palabras de aliento.

A mi pareja Brenda Anapán Gutierrez que con su amor y apoyo incondicional, me ayudó a ser posible este logro.

Al Dr. Y amigo Angelo Saira por su apoyo y consejos en esta etapa profesional.

A todos mis maestros por compartir sus conocimientos e inculcarme pasión y ética por esta carrera profesional.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por ser mi luz y guía siempre.

A mi asesor Dra. Karina Rodríguez Barrionuevo, por brindarme su apoyo para la realización de este trabajo.

A todos aquellos amigos quienes de alguna manera, apoyaron en la realización de la presente investigación.

A mi Alma Mater “Universidad Alas peruanas” por albergarme en su regazo todos estos años de mi vida universitaria.

RESUMEN

Las propiedades físicas de las resinas compuestas son muy importantes, por ello el objetivo del presente estudio fue determinar la profundidad de polimerización de las resinas “bulk fill” al ser fotoactivadas a diferentes distancias. La parte experimental se realizó utilizando el método ISO 4049, se elaboraron 36 moldes cilíndricos de 4mm de diámetro y 10 mm de altura, en las cuales se colocó la resina; se elaboraron 12 muestras de resina y se dividieron de acuerdo a la distancia de fotoactivación (0mm, 4mm y 8 mm) por lo que se obtuvieron 3 grupos con 12 muestras de resina en cada grupo, todas se polimerizaron por LED a 10 segundos. La medición de la altura absoluta polimerizada de las muestras se realizó con un micrómetro de 0,01mm de precisión, finalmente cada altura absoluta fue dividida entre 2 lo cual se registró como la profundidad de polimerización de cada muestra. Los datos fueron sometidos a la prueba de normalidad de Shapiro Wilk con un nivel de confianza de 95%. Los resultados mostraron que la resina polimerizada a 0mm de distancia, presentó mayor profundidad de polimerización ($p < 0.05$) que las resinas para las distancias de fotoactivación 4mm y 8mm ($p > 0,05$). Se concluye que existe relación en las profundidades de polimerización de las resinas “bulk fill” y la distancia de fotoactivación, la resina polimerizada a 0mm presenta mayor profundidad de polimerización que la resina polimerizada a 4mm y 8mm.

Palabras clave: Fotoactivación, Polimerizada,

ABSTRACT

The physical properties of the composite resins are very important, so the objective of the present study was to determine the polymerization depth of the bulk fill resins when they were photoactivated at different distances. The experimental part was made using the ISO 4049 method, 36 cylindrical molds of 4 mm in diameter and 10 mm in height, in which the resin was placed; 12 resin samples were prepared and divided according to the photoactivation distance (0mm, 4mm and 8mm). Three groups were obtained with 12 resin samples in each group, all polymerized by LED at 10 seconds. Measurement of the absolute polymerized height of the samples was performed with a micrometer of 0.01mm precision, finally each absolute height was divided by 2 which was recorded as the depth of polymerization of each sample. The data were subjected to the normality test of Shapiro Wilk with a confidence level of 95%. The results showed that the polymerized resin at 0 mm distance had a higher depth of polymerization ($p < 0.05$) than the resins for the photoactivation distances 4 mm and 8 mm ($p > 0.05$). It was concluded that there is a relation in the depths of polymerization of the bulk fill resins and the distance of photoactivation, the resin polymerized to 0mm presents a greater depth of polymerization than the resin polymerized to 4mm and 8mm.

INDICE

RESUMEN.....	5
ABSTRAC.....	6
INDICE.....	7
INTRODUCCIÓN.....	13
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.1. Descripción de la Realidad Problemática.....	15
1.2. Formulación del Problema.....	17
1.2.1. Problema Principal.....	17
1.3. Objetivo de la Investigación.....	18
1.3.1. Objetivo General.....	18
1.3.2. Objetivo Especifico.....	18
1.4. Justificación de la Investigación.....	18
1.4.1. Importancia de la Investigación.....	19
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	20
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	20
2.2. Bases Teóricas.....	24
2.2.1. Resinas Compuestas.....	24
2.2.1.1. Composición Química.....	26
2.2.1.2. Clasificación de las Resinas Compuestas.....	32
2.2.1.3. Propiedades de las Resinas Compuestas.....	37
2.2.2. Resinas Compuestas Usadas en el Estudio.....	46
2.2.3. Fuentes de Luz para Fotopolimerización.....	48
2.2.3.1. Clasificación de Tecnologías para Fotoactivación.....	49
2.2.4. Profundidad de Polimerización.....	53
2.2.4.1. Métodos Empleados para Medir la Profundidad de Polimerización.....	54
2.3. Definición de Términos Básicos.....	56

CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.....	58
3.1. Formulación de la Hipótesis.....	58
3.1.1 Hipótesis General.....	58
3.1.2 Hipótesis Secundaria.....	58
3.2. Operacionalización de Variables.....	59
CAPÍTULO IV: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	60
4.1. Diseño de Investigación	60
4.1.1. Tipo de Investigación.....	60
4.2. Diseño Muestral.....	60
4.3. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	60
4.3.1. Confección de moldes para elaborar los bloques de Resina.....	60
4.3.2. Confección de las Muestras de Resina.....	61
4.3.3. Medición de la Profundidad de Polimerización.....	62
CAPÍTULO V: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.....	63
5.1. Análisis, tablas de frecuencia y gráficos.....	63
5.2. Comprobación de hipótesis y técnicas estadísticas empleadas.....	76
5.3. Discusión.....	76
CONCLUSIONES.....	79
RECOMENDACIONES.....	80
FUENTES DE INFORMACIÓN.....	81
ANEXOS.....	87

INDICE DE IMAGENES

IMAGEN N° 1: Constitución de una resina compuesta	25
IMAGEN N° 2: Formulación de una molécula BIS GMA.....	28
IMAGEN N° 3: Unión de resina a relleno a travez de partículas de silano	32
IMAGEN N° 4: Mecanismo de desgaste “Plucking Out”	38

INDICE DE GRAFICOS

GRAFICO N° 1: Normalidad de profundidad de polimerización de la resina compuesta nanohíbrida, aplicada en un solo bloque al iluminar por 10 segundos mediante luz l.e.d. a 0 mm de distancia	64
GRAFICO N° 2: Gráfico de cajas profundidad de polimerización de la resina compuesta nanohíbrida, aplicada en un solo bloque al iluminar por 10 segundos mediante luz l.e.d. a 0 mm de distancia	65
GRAFICO N° 3: Profundidad de polimerización de la resina compuesta nanohíbrida, aplicada en un solo bloque al iluminar por 10 segundos mediante luz l.e.d. a 4 mm de distancia	66
GRAFICO N° 4: Gráfico de cajas profundidad de polimerización de la resina compuesta nanohíbrida, aplicada en un solo bloque al iluminar por 10 segundos mediante luz l.e.d. a 4 mm de distancia	67
GRAFICO N° 5: Profundidad de polimerización de la resina compuesta nanohíbrida, aplicada en un solo bloque al iluminar por 10 segundos mediante luz l.e.d. a 8 mm de distancia	68
GRAFICO N° 6: Gráfico de cajas profundidad de polimerización de la resina compuesta nanohíbrida, aplicada en un solo bloque al iluminar por 10 segundos mediante luz l.e.d. a 8 mm de distancia	69
GRAFICO N° 7: Distribución de los datos según normalidad en la profundidad de polimerización de la resina compuesta nanohíbrida, aplicada en un solo bloque al iluminar por 10 segundos mediante luz l.e.d. a 0 mm de distancia	70
GRAFICO N° 8: Distribución de los datos según normalidad en la profundidad de polimerización de la resina compuesta nanohíbrida, aplicada en un solo bloque al iluminar por 10 segundos mediante luz l.e.d. a 4 mm de distancia	71
GRAFICO N° 9: Distribución de los datos según normalidad en la profundidad de polimerización de la resina compuesta nanohíbrida, aplicada en un solo bloque al iluminar por 10 segundos mediante luz l.e.d. a 8 mm de distancia	72

GRAFICO N° 10: Relación de la profundidad de polimerización de la resina compuesta nanohíbrida, aplicada en un solo bloque al iluminar por 10 segundos mediante luz l.e.d. a 0, 4, 8 mm de distancia 74

INDICE DE ANEXOS

ANEXO N° 1: Ficha de recolección de datos	87
ANEXO N° 2: Fotografías de materiales usados en la investigación	88
ANEXO N° 3: Aplicación del método ISO 4049	91
ANEXO N° 4: Mediciones de la muestra con micrómetro de 0.01 de precisión resina a 0mm de distancia	96
ANEXO N° 5: Mediciones de la muestra con micrómetro de 0.01 de precisión resina a 4mm de distancia	102
ANEXO N° 6: Mediciones de la muestra con micrómetro de 0.01 de precisión resina a 8mm de distancia	108

INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas relacionados con las resinas compuestas fotopolimerizables es la limitada profundidad de polimerización y la posibilidad de conversión del monómero a una profundidad insuficiente. Desde que se introdujeron estos materiales, el grado de conversión fue reconocido como vital para su éxito clínico.

Los factores que afectan a la profundidad de polimerización, incluyen: la distancia desde la punta de la unidad de fotopolimerización hasta la superficie de la resina, el tipo de resina compuesta, sombra y translucidez; el espesor mínimo del incremento. La energía de la luz emitida por una unidad de fotopolimerización disminuye drásticamente cuando se transmite a través de la resina compuesta y conduce a una disminución gradual en el grado de conversión al aumentar la distancia desde la superficie irradiada.

Se ha demostrado que la polimerización insuficiente puede conducir a la disminución de las propiedades físicas, mecánicas y biológicas de las resinas compuestas por lo que puede dar lugar a un fallo prematuro de una restauración o puede afectar al tejido pulpar.

Las resinas compuestas convencionales polimerizan hasta 2mm. Para reducir los efectos de la contracción de polimerización se aplica la técnica incremental en la que se permite como máximo 2mm de incremento. Sin embargo existen varias desventajas asociadas a esta técnica: la incorporación de burbujas o contaminantes entre las capas compuestas, dificultad de colocación debido al acceso limitado a las cavidades pequeñas y un tiempo de tratamiento prolongado para la colocación de las capas y su polimerización.

Por lo tanto, varios fabricantes han introducido recientemente nuevos tipos de resinas compuestas, llamados materiales "bulk fill", que se han desarrollado para permitir un incremento único de hasta 5mm sin alterar las propiedades físicas y mecánicas de la resina.

Estas resinas compuestas nanohíbridas permiten realizar restauraciones posteriores optimizando el tiempo de trabajo sin alterar sus resultados clínicos lo que permite realizar restauraciones dentarias en aquellos pacientes donde el tiempo de tratamiento juega un rol importante: en niños, pacientes ansiosos, pacientes con disfunciones temporomandibulares que no pueden mantener la boca abierta por un tiempo prolongado.

Dentro de esta nueva generación de materiales, encontramos las resinas “bulk fill” que dentro de esta investigación tomaremos tres grupos de resina. Sin embargo, queda la duda de cuál será la profundidad de polimerización de estas resinas, al ser fotoactivadas a diferentes distancias desde la punta de la unidad de fotopolimerización.

Por todo lo expuesto, el propósito de este estudio es determinar la Relación entre la profundidad de polimerización de resina compuesta nanohíbrida bulk fill, y las diferentes distancias de foto activación.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la Realidad Problemática

Uno de los problemas relacionados con las resinas compuestas fotopolimerizables es la limitada profundidad de polimerización y la posibilidad de conversión del monómero a una profundidad insuficiente ya que desde que se introdujeron estos materiales, el grado de conversión fue reconocido como vital para su éxito clínico; tomando en cuenta también, el tipo de resina compuesta, sombra y translucidez; el espesor mínimo del incremento. La energía de la luz emitida por una unidad de fotopolimerización disminuye drásticamente cuando se transmite a través de la resina compuesta y conduce a una disminución gradual en el grado de conversión al aumentar la distancia desde la superficie irradiada¹.

Se ha demostrado que la polimerización insuficiente puede conducir a la disminución de las propiedades físicas, mecánicas y biológicas de las resinas compuestas por lo que puede dar lugar a un fallo prematuro de una restauración o puede afectar al tejido pulpar¹.

Las resinas compuestas convencionales polimerizan hasta 2mm. Para reducir los efectos de la contracción de polimerización se aplica la técnica incremental en la que se permite como máximo 2mm de incremento. Sin embargo existen varias desventajas asociadas a esta técnica: la incorporación de burbujas o contaminantes entre las capas compuestas, dificultad de colocación debido al acceso limitado a las cavidades pequeñas y un tiempo de tratamiento prolongado para la colocación de las capas y su polimerización.

Por lo tanto, varios fabricantes han introducido recientemente nuevos tipos de resinas compuestas, llamados materiales "bulk fill", que se han desarrollado para permitir un incremento único de hasta 5mm sin alterar las propiedades físicas y mecánicas de la resina.

Estas resinas compuestas nanohíbridas permiten realizar restauraciones posteriores optimizando el tiempo de trabajo sin alterar sus resultados clínicos lo que permite realizar restauraciones dentarias en aquellos pacientes donde el tiempo de tratamiento juega un rol importante: en niños, pacientes ansiosos, pacientes con disfunciones temporomandibulares que no pueden mantener la boca abierta por un tiempo prolongado.

Dentro de esta nueva generación de materiales, encontramos las resinas "bulk fill". Sin embargo, queda la duda de cuál será la profundidad de polimerización de estas resinas, al ser fotoactivadas a diferentes distancias desde la punta de la unidad de fotopolimerización.

Por todo lo expuesto, el propósito de este estudio es determinar y comparar la profundidad de polimerización de la resina al ser fotoactivadas a diferentes distancias.

Delimitación de la Investigación

La energía de la luz emitida por una unidad de fotopolimerización disminuye drásticamente cuando se transmite a través de resinas compuestas; ***mientras se incrementa la distancia desde la superficie de fotoactivación hasta la resina compuesta se produce una disminución gradual en el grado de conversión de la resina, además aumenta la cantidad de monómero sin polimerizar, esto conduce a una disminución en la profundidad de polimerización;*** por tanto, puede dar lugar a un fallo prematuro de la restauración o puede afectar al tejido pulpar.¹

La profundidad de polimerización determina que tan grueso puede ser un cuerpo de resina fotopolimerizable manteniendo al mismo tiempo un nivel de conversión de monómero aceptable (>50%).

Para restaurar cavidades con resinas compuestas fotopolimerizables, la técnica que se ha considerado como “gold estándar” es la técnica incremental, en la que se deben realizar incrementos de espesor limitado; la profundidad de polimerización de las resinas convencionales es de 2 mm, por ello esta técnica permite como máximo 2mm de espesor de cada incremento.³

Para disminuir el tiempo de tratamiento y el riesgo de incorporar burbujas de aire o contaminantes entre los incrementos, se han desarrollado nuevas resinas compuestas, llamadas materiales "bulk fill" que presentan una profundidad de polimerización hasta de 5mm, lo cual permite realizar restauraciones en bloque sin alterar las propiedades físicas y mecánicas de la resina. Según la literatura, un factor importante que determina la profundidad de polimerización es la distancia desde la unidad de luz hasta la resina; sin embargo, no se han encontrados estudios que evalúen la profundidad de polimerización a distancias mayores a 0mm de fotoactivación, por ello objetivo de esta investigación es determinar la profundidad de polimerización de las resinas compuestas nanohíbridas "bulk fill" al ser fotoactivadas a diferentes distancias.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema Principal

¿Cuál es la relación entre la profundidad de polimerización de la resina compuesta nanohíbrida "bulk fill" y las diferentes distancias de fotoactivación, Tacna 2017?

1.3. Objetivo de la Investigación

1.3.1. Objetivo General

- Determinar la relación entre la profundidad de polimerización de la resina compuesta nanohíbrida “bulk fill” y las diferentes distancias de foto activación, Tacna 2017.

1.3.2. Objetivo Especifico

- Determinar la profundidad de polimerización de la resina compuesta nanohíbrida, aplicada en un solo bloque al iluminar por 10 segundos mediante luz L.E.D. a 0 mm de distancia.
- Determinar la profundidad de polimerización de la resina compuesta nanohíbrida, aplicada en un solo bloque al iluminar por 10 segundos mediante luz L.E.D. a 4 mm de distancia.
- Determinar la profundidad de polimerización de la resina compuesta nanohíbrida, aplicada en un solo bloque al iluminar por 10 segundos mediante luz L.E.D. a 8 mm de distancia.

1.4. Justificación de la Investigación

En la actualidad existen en el mercado resinas compuestas nanohíbridas “bulk fill”, que según las indicaciones del fabricante se pueden colocar en un solo bloque de 4 a 5 mm sin alterar sus propiedades físico-químicas. Estas nuevas resinas en su gran mayoría son indicadas para colocar en cavidades clase I y II posteriores; uno de los factores importantes que la profundidad de polimerización es la distancia desde la punta de la unidad de fotopolimerización hasta la superficie de la resina, en la práctica clínica no siempre se logra colocar la unidad de fotoactivación a 0 mm de distancia de la restauración de resina.

No existen investigaciones que comprueben la profundidad de polimerización de las resinas compuestas nanohíbridas “bulk fill” al ser fotoactivadas a diferentes distancias; por ello con este estudio se busca determinar la profundidad de polimerización de las resinas “bulk fill” al ser fotoactivadas a 3 diferentes distancias, lo cual nos dará una visión objetiva de la influencia de la distancia de fotoactivación sobre la profundidad de polimerización de las resinas compuestas “bulk fill”.

1.4.1. Importancia en Odontología

Es importante determinar dichos parámetros para poder aplicar estas resinas en bloques de 4-5mm lo que nos permitirá realizar restauraciones en aquellos pacientes cuyo perfil de atención clínica requiere de menor tiempo: niños, pacientes con habilidades especiales, pacientes con disfunciones temporomandibulares; con el menor tiempo posible sin perder la calidad de la restauración, así también disminuir la posibilidad de contaminación y burbujas de aire entre uno y otro incremento.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

Benetti A (2015), En Dinamarca, realizó una investigación experimental para comparar la profundidad de curado, la contracción de polimerización, y la formación de brechas en compuestos de resina “bulk fill” con las de un compuesto de resina convencional. La profundidad de polimerización se evaluó de acuerdo con la ISO 4049. Se investigaron cinco compuestos de resina “bulk fill”: dos materiales de alta viscosidad (Tetric EvoCeram Bulk Fill, SonicFill) y tres de baja viscosidad (base x-tra, Venus Bulk Fill, SDR). En comparación con la resina convencional compuesta, los materiales “bulk fill” de alta viscosidad expuestos presentaron sólo un pequeño aumento (pero significativo para Tetric EvoCeram Bulk Fill) en la profundidad de curado y la contracción de polimerización, mientras que los materiales “bulk fill” de baja viscosidad han producido una profundidad de la polimerización y contracción de polimerización significativamente mayores.⁴

Jang J (2014), En Korea realizó un estudio experimental cuyo objetivo fue evaluar la contracción de polimerización y la profundidad de polimerización de resinas “Bulk-Fill” y de resinas fluidas de alto relleno. Se compararon una resina fluida de alto relleno (G-aenial universal Flow [FSI]), dos resinas fluidas “Bulk Fill” (Surefil Flow SDR [DEG] y Venus Bulk Fill [VBF]), y un compuesto “Bulk Fill” no fluido (Tetric N-Ceram “Bulk Fill” [TBF]) con dos resinas convencionales (Tetric Flow [TF], Filtek Supremo Ultra [FS]). Para evaluar la profundidad de polimerización, se prepararon muestras de material usando moldes con un orificio de 4 mm de profundidad y 4 mm de diámetro interno, luego se midió la dureza de la superficie en la parte superior y en la parte inferior de la muestra con un indentador de microdureza Vickers (HV). Los fluidos “Bulk Fill” (SDR y VBF) presentaron mayor profundidad de polimerización que las resinas

convencionales, además todas las resinas fueron debidamente polimerizadas hasta 4 mm de profundidad.⁵

Flury S (2012), En Suiza, realizó una investigación experimental para evaluar si la profundidad de polimerización D^{ISO} determinada por el método ISO 4049 es exactamente reflejada por la profundidad de polimerización D^{NEW} determinado por los perfiles de microdureza, Vickers en los materiales "bulk fill". Se usaron dos materiales de control (Filtek Supreme Plus, Filtek Silorane) y cuatro materiales "bulk fill" (Surefil DEG, Venus Bulk Fill, Quixfil, Tetric Evo- Ceram Bulk Fill) y se fotocuraron por 10 s. Para D^{NEW} , se hicieron moldes que luego se evaluaron con un dispositivo de indentación de microdureza y se hicieron mediciones de dureza (dureza Vickers, VHN). La D^{ISO} se determinó de acuerdo con "La profundidad de curado ISO 4049 " para lo cual se prepararon muestras de resina compuesta (n = 6 por grupo) y se fotocuraron por 10 s. La profundidad de polimerización por la norma ISO 4049 se realizó con moldes de acero inoxidable reutilizable, según la norma ISO 4049: 2000. Se hicieron moldes de acero de 6 mm, 9 mm, o 15 mm de longitud y 4 mm de diámetro, se polimerizaron los moldes, después los especímenes cilíndricos fueron expulsados y se eliminó del molde con una espátula de plástico el compuesto de resina sin curar.

A continuación, se midieron los especímenes de resina fotocurada con un calibrador digital de $\pm 0,01$ mm precisión (Mitutoyo IP 65, Kawasaki, Japón).

La longitud absoluta (AL) se dividió por dos y el éste último valor se registró como D^{ISO} , con este método se observó que la profundidad de polimerización de la resina Tetric Evo- Ceram Bulk Fill presentó una profundidad de polimerización de 3,83 mm. Concluyó que para los materiales "bulk fill" el método ISO 4049 sobreestimó la profundidad de curado en comparación con el método de perfiles de microdureza, Vickers.¹

Caro M (2012), En Santiago de Chile, realizó un 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; distribuyó 4 grupos de 15 muestras cada uno para lo cual confeccionó 2 especímenes de resina compuesta (Art-glass, Heraeus Kulzer, Germany, color A3): 1 espécimen de 3mm de alto, y 6mm de diámetro. 1 espécimen de 4mm de alto, y 6mm de diámetro; a través de estos se polimerizó espesores de resina fluida WAVE, IV, SDI, Australia. color A3 de 4mm de alto y 6mm de diámetro utilizando una lámpara de luz halógena Elipar™ 2500 3M, y una lámpara de luz L.E.D. RADII SDI con un tiempo de polimerización de 40 segundos. Utilizó estas dimensiones en una modificación del protocolo detallado en la norma ISO: 4049. 2009. Concluyó que existen diferencias significativas en la profundidad de polimerización de resina compuesta fluida al interponer bloques de resina indirecta y que estas diferencias son mayores a medida que aumenta el grosor del cuerpo interpuesto. Además determinó que es posible lograr profundidades de polimerización adecuados tanto con luz LED de segunda generación como con una unidad halógena convencional al polimerizar resina fluida a través de cuerpos de resina indirecta de hasta 3mm por 40 segundos. Estos valores resultan insuficientes al aumentar el espesor de la resina indirecta a 4mm según la norma ISO: 4049.³

Moore B (2008), En Estados Unidos, realizó un estudio experimental para evaluar la profundidad curado de resinas compuestas mediante el método ISO 4049, investigó la profundidad de polimerización de un compuesto de resina comercial en tres tipos: fluida, híbrido y fácil empaquetado. Se condensaron tres muestras de cada tipo de material de 4 mm de diámetro y 6 mm de profundidad, se condensaron en moldes de teflón. Se colocó un separador de metal a 1 mm sobre el molde para mantener la punta de la luz activando 1 mm atrás de la superficie de la resina. 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.⁶

Veranes Y (2005), Estudió la profundidad de polimerización, el módulo de compresión, resistencia a la compresión diametral, dureza y desgaste de seis formulaciones de composites dentales fotopolimerizables los composites fueron preparados usando como matrices combinaciones de Bis-GMA/DMATEEG, Bis- GMA/MPS, Bis-GMA/DMATEEG/MPS.

La determinación de la profundidad de curado se realizó según la norma ISO 4049, para lo cual se preparó tres probetas de los composites en moldes metálicos de 4 mm de diámetro x 6 mm de altura. Las muestras se irradiaron 40 segundos por una de las caras, se retiraron del molde eliminando con ayuda de una espátula plástica la pasta que no polimerizó. Se midió la altura con un micrómetro (0,01 mm de precisión) y se dividió por dos el valor obtenido.

Los resultados de la profundidad de curado (P_c) varían entre 1,45 mm y 2,98 mm. Los mayores valores de esta propiedad se obtuvieron para las resinas TMC ($2,98 \pm 0,01$ mm) y TMA₈ ($2,96 \pm 0,01$ mm), los cuales difieren significativamente. Las formulaciones preparadas con el sistema Bis-GMA/ MPS presentaron valores de profundidad de curado inferiores a 2 mm mientras que la resina comercial (control) tuvo profundidad de curado igual a $2,49 \pm 0,03$ mm.⁷

2.2. Bases Teóricas

2.2.1 Resinas Compuestas

El desarrollo de las resinas compuestas se ha centrado, últimamente, en el perfeccionamiento de los mecanismos de iniciación de la polimerización, así como en la nanotecnología para un óptimo relleno.

Gracias a todas estas investigaciones los composites han desplazado completamente a los cementos de silicato, y actualmente constituyen una alternativa terapéutica que permite no solo la consecución de obturaciones estéticas, sino también la restauración de dientes posteriores con un importante ahorro de tejido dentario sano.⁸

Desde que Bowen desarrolló la resina de Bis-GMA y Bounocuore la técnica del grabado ácido, este material compuesto ha sido objeto de activo de investigación, lo que ha originado numerosos cambios en su química, partículas de relleno y manipulación.⁸

Los composites fueron definidos por Phillips como una combinación de al menos dos materiales de distinta naturaleza química y con interfases diferentes. El término de resina compuesta se utiliza para definir un material constituido por tres fases diferentes: la fase matriz o resina, la fase dispersa o de relleno y la fase interfacial o de unión constituida por agentes silano.

Cada una de estas fases es la responsable de una serie de propiedades de los composites y es potencialmente una fuente de clasificación y estudio de los mismos.⁹

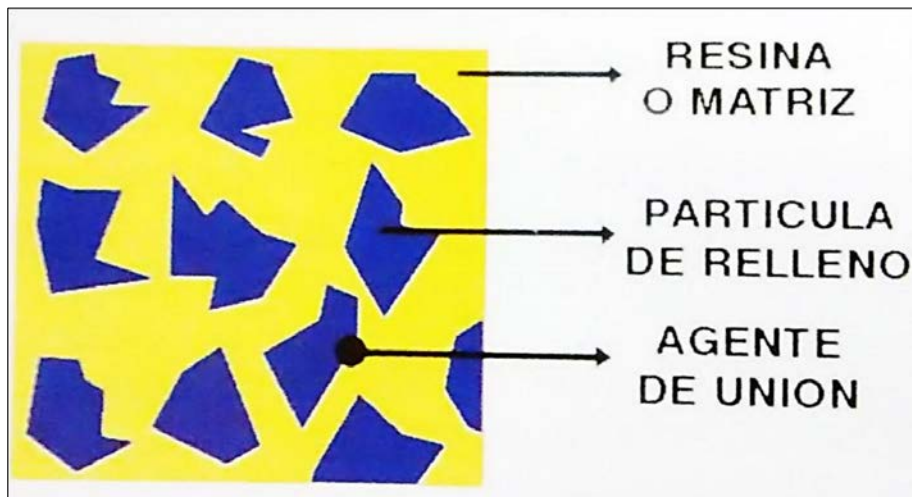


IMAGEN N° 1: Constitución de una resina compuesta

Origen de las resinas compuestas

Las resinas compuestas surgieron en el inicio de los años sesenta como resultado de numerosas tentativas para obtener un material restaurador estético superior a los materiales hasta entonces existentes como las resinas acrílicas y los cementos de silicato; aparecieron en el mercado como evolución de las resinas acrílicas restauradoras. La estructura de las resinas fue modificada para mejorar su estabilidad y sus propiedades mecánicas.¹⁰

En 1956 Bowen desarrolló la molécula de Bis-GMA (bisfenol A glicil metacrilato), más estable dimensionalmente pues sufría menos contracción de polimerización. Posteriormente, a esta matriz orgánica se le añadieron partículas inorgánicas que recibían un tratamiento con un agente silanizador para que hubiese una mejor interacción entre las fases orgánicas e inorgánicas.

Estas resinas presentaban partículas de cuarzo en una cantidad de 70-80% en peso, con un tamaño medio de partícula mayor a 15µm, pudiendo llegar hasta las 100 µm.

Estas primeras resinas que aparecieron en el mercado fueron denominadas convencionales, tradicionales o de macrorrelleno. Debido a los inconvenientes que presentaban, entre otros, los relacionados al desgaste y a la rugosidad superficial, se realizó una modificación drástica en la composición y en el tamaño de las partículas de carga, surgiendo de esta manera las resinas de microrrelleno al inicio de los años setenta. El componente inorgánico de estas resinas era sílice coloidal y el tamaño medio de las partículas obtenidas era de 0,001 μm a 0,01 μm .¹¹

Las resinas compuestas fueron utilizándose cada vez más y hubo la necesidad de mejorar sus propiedades mecánicas, químicas y estéticas. Las llamadas resinas compuestas híbridas surgieron por la tentativa de desarrollar composites con las propiedades mecánicas de los composites convencionales y la textura superficial y brillo de los composites convencionales y la textura superficial y brillo de los composites microhíbridos.⁸

2.2.1.1 Composición Química

A. Fase Orgánica o Matriz

En su composición aparecen tres sistemas. El más relevante es el sistema de monómeros; el sistema iniciador; útil para la polimerización de los radicales libres; y el sistema estabilizador, necesario para maximizar la estabilidad del complejo durante su almacenamiento, así como su estabilidad química durante la fase de resina curada.⁸

Monómero :

El monómero base más utilizado durante los últimos 30 años ha sido el Bis-GMA o matriz de Bowen, tiene mayor peso molecular lo que implica que su contracción durante la polimerización sea mucho menor, además presenta menor volatilidad y menor difusividad en los tejidos.¹²

Se obtiene a partir de tres moléculas base: el bisfenol, el alcohol glicídico y el ácido metacrílico. Este monómero bifuncional supera al metacrilato por su alto peso molecular y estructura química, que lo dota de una muy baja volatilidad, baja contracción de polimerización, fraguado rápido y generación de una resina más dura. La configuración química y espacial de la molécula de Bis-GMA la convierte en un preparado rígido y viscoso; la rigidez se debe a la presencia en la estructura de los dos ciclos aromáticos de la parte central de la molécula para producir la unión de los monómeros; la viscosidad se debe a la existencia de los dos radicales hidroxilo por su facilidad a establecer puentes de hidrógeno, además estos puentes de hidrógeno promueven la adsorción de agua.⁸

Un exceso de adsorción acuosa en la resina tiene efectos negativos en sus propiedades y promueve una posible degradación hidrolítica.¹³

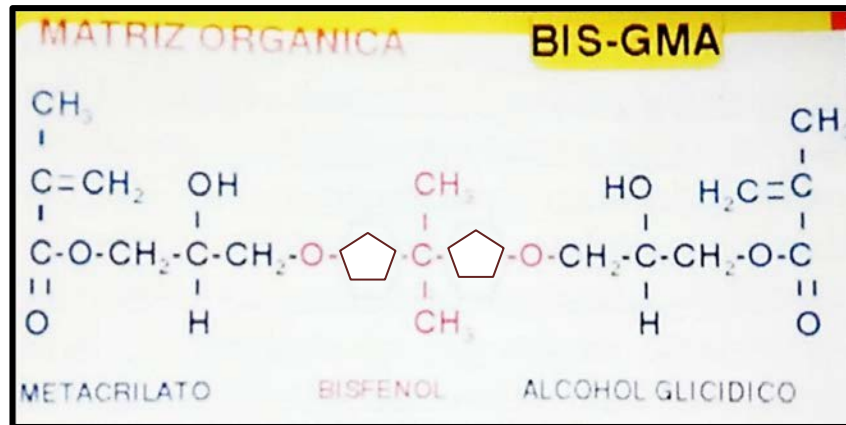


IMAGEN N° 2: Formulación de la molécula de Bis-GMA

Para contrarrestar estos inconvenientes las formulaciones actuales se les han añadido monómeros de bajo peso molecular como metacrilato de metilo (MMA), dimetacrilato de tetraetilenglicol (TEGMA) y etilenglicol dimetacrilato (EDMA). Al reducir la viscosidad de la mezcla monomérica se puede incorporar más relleno dentro de ella.¹⁴

Actualmente, monómeros menos viscosos como el Bis-EMA (Bisfenol A Polietileno glicol dieter dimetacrilato), han sido incorporados en algunas resinas, lo que causa una reducción de TEGDMA. El Bis-EMA posee mayor peso molecular y tiene menos uniones dobles por unidades de peso, en consecuencia produce una reducción de la contracción de polimerización, confiere una matriz más estable y también mayor hidrofobicidad, lo que disminuye su sensibilidad y alteración por la humedad.¹⁵ Otro monómero ampliamente utilizado, acompañado o no de Bis-GMA, es el UDMA (dimetacrilato de uretano). Su ventaja es que posee menos viscosidad y mayor flexibilidad lo que mejora la resistencia de la resina. Las resinas compuestas basadas en UDMA pueden polimerizar más que las basadas en Bis-GMA.¹⁶

Iniciadores :

El desdoblamiento de los dobles enlaces de los oligómeros se hace mediante radicales libres creados *in situ*. Las reacciones de iniciación pueden desarrollarse por vía química, fotoquímica, radioquímica y térmica.⁸

La iniciación de la activación química, que desarrolla el fenómeno de la autopolimerización, se produce por la presencia de moléculas capaces de generar radicales libres. En las resinas autocuradas el estímulo proviene de la mezcla de dos pastas, una de las cuales tiene un activador químico (amina terciaria aromática como el dihidroxietil-p-toluidina) y la otra un iniciador (peróxido de benzoilo).¹⁷

La mezcla de ambos compuestos puede ser imperfecta y, por lo tanto, la reacción química de polimerización quedar incompleta. Esta reacción de polimerización puede ser inhibida por el oxígeno de aire (capa inhibida), así como ciertas moléculas tipo fenol (eugenol, hidroquinina...), lo que contraindica el uso de cementos de óxido de zinc-eugenol bajo los composites.⁸

En el caso de los sistemas fotocurado, la energía de la luz visible provee el estímulo que activa un iniciador de la resina (canforoquinonas, lucerinas u otras dicetonas). Es necesaria que la resina sea expuesta a una fuente de luz con la adecuada longitud de onda entre 420 y 500 nanómetros en el espectro de luz visible.¹⁷

Inhibidores :

Durante periodos prolongados de almacenamiento se podrían desencadenar, de forma espontánea, reacciones de polimerización. Para evitarlo, las resinas llevan incorporadas sustancias inhibidoras. Se combinan con la totalidad de los radicales activos para encapsularlos e impedir su polimerización.⁸ Si se ha formado un radical libre, como en una breve exposición a la luz cuando se ha dispersado el material, el inhibidor reacciona con el radical libre y así inhibe la propagación de la cadena terminando la capacidad.¹⁸ Los inhibidores más comunes son la benzoquinona y la hidroquinona, así como los derivados del fenol, como el P-4 metoxifenol (PMP) y el butil-fenol triterciario (BHT).⁸

B. Fase dispersa o de relleno

Está constituida por partículas de diferentes tamaños que dotan de propiedades mecánicas adecuadas proporcionando estabilidad dimensional a la matriz resinosa.⁸ La adición de estas partículas a matriz reduce la contracción de polimerización, la sorción acuosa y el coeficiente de expansión térmica, proporcionando un aumento de la resistencia a la tracción a la compresión y a la abrasión, aumentando el módulo de elasticidad (rigidez).¹⁹ Las partículas de relleno más utilizadas son las de cuarzo o vidrio de bario y son obtenidas de diferentes tamaños a través de diferentes procesos de fabricación (pulverización, trituración, molido).

Las partículas de cuarzo son dos veces más duras y menos susceptible a la erosión que el vidrio, además de que proporcionan mejor adhesión con los agentes de conexión (silano).

También son utilizadas partículas de sílice de un tamaño aproximado de 0,04mm (micropartículas), las cuales son obtenidas a través de procesos pirolíticos o de precipitación (sílice coloidal). 16,19

C. Agentes de unión matriz-relleno

Durante el desarrollo inicial de las resinas compuestas, las propiedades del material, dependían de la formación de una unión fuerte entre el relleno inorgánico y matriz orgánica.³⁰ Es importante que las partículas de relleno se unan a la matriz de resina; esto permite que la matriz del polímero, más flexible, transfiera las tensiones a las partículas de relleno, más rígidas. Este enlace lo proporciona un agente de unión o de acoplamiento. Este agente puede hacer que mejoren las propiedades físicas y mecánicas y puede proporcionar estabilidad hidrolítica para prevenir la penetración de agua a través de la interfase relleno-resina.⁸

Los agentes de acoplamiento más utilizados son los compuestos orgánicos silanos, los que tienen grupos silanos (Si-OH) en un extremo y grupos metacrilatos (C=C) en el otro siendo así moléculas con doble polaridad (bifuncionales), ya que pueden reaccionar mediante enlaces de tipo covalente con la superficie orgánica y por enlaces iónicos a la superficie inorgánica, uniendo así químicamente el relleno reforzado a la matriz resinosa.¹⁴

El silano que se utiliza con mayor frecuencia es el γ - metacril-oxipropiltrimetoxi-silano (MPS), éste es una molécula bipolar que se une a las partículas de relleno cuando son hidrolizados a través de puentes de hidrógeno, además posee grupos metacrilatos, los cuales forman uniones covalentes con la resina durante el proceso de polimerización ofreciendo una adecuada interfase resina/partícula de relleno.²¹

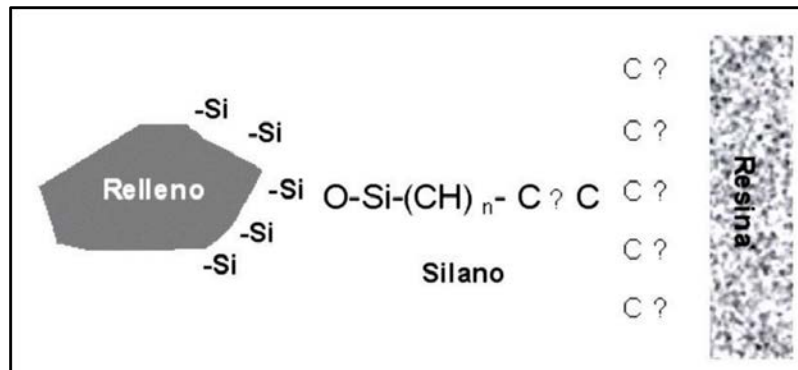


IMAGEN N° 3: Unión de resina a relleno a través de partículas de silano

Asimismo el silano mejora las propiedades físicas y mecánicas de la resina compuesta, pues establece una transferencia de tensiones de la fase que se deforma fácilmente (matriz resinosa), para la fase más rígida (partículas de relleno). Además, estos agentes de acoplamiento previenen la penetración de agua en la interfase BisGMA / Partículas de relleno, promoviendo una estabilidad hidrolítica en el interior de la resina.²¹

2.2.1.2 Clasificación de las resinas compuestas

Se podría partir de la forma en que son obtenidas las partículas. Los procedimientos pueden ser mecánicos o reacciones químicas con sustancias específicas²². A lo largo de los años las resinas compuestas se han clasificado de distintas formas con el fin de facilitar al odontólogo su identificación y posterior uso terapéutico.

Una clasificación aun valida es la propuesta por Lutz y Phillips, esta clasificación divide las resinas basado en el tamaño y distribución de las partículas de relleno en: convencionales o macrorelleno (partículas de 0,1 a 100mm), microrelleno (partículas de 0,04mm) y resinas híbridas (con rellenos de diferentes tamaños).²³

A. Tamaño de la partícula de relleno

Actualmente se pueden reunir las resinas compuestas en cinco categorías principales:

I. Resinas de macrorelleno o convencionales

Tienen partículas de relleno con un tamaño promedio entre 10 y 50 μm .⁸ Este tipo de resinas fue muy utilizada, sin embargo, sus desventajas justifican su desuso. Su desempeño clínico es deficiente y el acabado superficial es pobre, visto que hay un desgaste preferencial de matriz resinosa, propiciando la prominencia de grandes partículas de relleno las cuales son más resistentes. Además, la rugosidad influencia el poco brillo superficial y produce una mayor susceptibilidad a la pigmentación²⁴. Los rellenos más utilizados en este tipo de resinas fueron el cuarzo y el vidrio de estroncio o vidrio de bario²⁵. El relleno de cuarzo tiene buena estética y durabilidad pero carece de radiopacidad y produce un alto desgaste al diente antagonista. El vidrio de estroncio o vidrio de bario son radiopacos pero desafortunadamente son menos estables que el cuarzo.²⁶

II. Resinas de microrelleno

Contienen relleno de sílice coloidal con un tamaño de partícula entre 0.01 y 0.05 μm . Clínicamente estas resinas se comportan mejor en la región anterior, donde las ondas y la tensión masticatoria son relativamente pequeñas, proporcionan un alto nivel de pulido y brillo superficial, confiriendo alta estética a la restauración¹⁶.

Entre tanto, cuando se aplican en la región posterior muestran algunas desventajas, debido a sus inferiores propiedades mecánicas y físicas, ya que, presentan mayor porcentaje de sorción acuosa, alto coeficiente de expansión térmica y menor módulo de elasticidad.²⁷

III. Resinas híbridas

La combinación de diferentes tamaños de partículas da origen a los que se denominan resinas “híbridas” y a las microhíbridas¹⁹. Se denominan así por estar reforzados por una fase inorgánica de vidrios de diferente composición y tamaño en un porcentaje en peso de 60% o más, con tamaños de partículas que oscilan entre 0,6 y 1 μm , incorporando sílice coloidal con tamaño de 0,04 μm . Corresponden a la gran mayoría de los materiales compuestos actualmente aplicados al campo de la odontología.²⁸

Los aspectos que caracterizan a estos materiales son: disponer de gran variedad de colores y capacidad de mimetización con la estructura dental, menor contracción de polimerización, baja sorción acuosa, excelentes características de pulido y texturización, abrasión, desgaste y coeficiente de expansión térmica muy similar al experimentado por las estructuras dentarias, fórmulas de uso universal tanto en el sector anterior como en el posterior, diferentes grados de opacidad y translucidez en diferentes matices y fluorescencia.^{29,30}

IV. Resinas Nanohíbridas

Son resinas híbridas a las cuales se les ha incorporado partículas de relleno inorgánico en escala manométrica, es decir mínimo 3 tamaños de partículas nanométricas, con lo cual se logra mejorar las propiedades físicas.³¹

V. Híbridos Modernos

Este tipo de resinas tienen un alto porcentaje de relleno de partículas sub-micrométricas (más del 60% en volumen). Su tamaño de partícula reducida (desde 0.4 μm a 1.0 μm), unido al porcentaje de relleno provee una óptima resistencia al desgaste y otras propiedades mecánicas adecuadas. Sin embargo, estas resinas son difíciles de pulir y el brillo superficial se pierde con rapidez³¹.

VI. Resinas de Nanorelleno

Este tipo de resinas son de un desarrollo reciente, contienen partículas con tamaños menores a 10 nm (0.01 μm), este relleno se dispone de forma individual o agrupados en "nanoclusters" o nanoagregados de aproximadamente 75nm³¹. El uso de la nanotecnología en las resinas compuestas ofrecen alta translucidez, pulido superior, similar a las resinas de microrelleno pero manteniendo propiedades físicas y resistencia al desgaste equivalente a las resinas híbridas. Por estas razones, tienen aplicaciones tanto en el sector anterior como en el posterior.^{32,33}

B. Viscosidad

Los materiales resinosos pueden clasificarse de acuerdo a su grado de fluidez/viscosidad.³⁴

Muy baja viscosidad

Aquellos productos que se presentan comercialmente exhibiendo una alta fluidez: las resinas para caracterizaciones, los selladores de resinas compuestas, las resinas compuestas fluidos, los selladores de fosas y fisuras³⁴.

Baja viscosidad

Las resinas compuestas de micropartículas son materiales de baja viscosidad, cuya producción ha sido discontinuada³⁴.

- I. Mediana viscosidad:** Pertenecen a este grupo las resinas compuestas híbridos, microhíbridos, nanohíbridos y nanoparticulados³⁴.

- II. Alta y muy alta viscosidad:** Las resinas condensables pueden a su vez ser categorizadas en dos grupos (las de baja y las de alta densidad / alta y muy alta viscosidad, respectivamente). Tales así que existen materiales dentro de esta categoría que son densos³⁴.

2.2.1.3 Propiedades de las resinas compuestas

A. Resistencia a la abrasión.

Es la capacidad que poseen las resinas compuestas de oponerse a la pérdida superficial, como consecuencia del roce con la estructura dental, el bolo alimenticio o elementos tales como cerdas de cepillos.

Esto no tiene un efecto perjudicial inmediato, pero lleva a la pérdida de la forma anatómica de las restauraciones disminuyendo la longevidad de las mismas ³⁴. La abrasibilidad de un material guarda relación con el módulo de resiliencia del mismo. El módulo de resiliencia es la cantidad máxima de energía que un material puede absorber sin sufrir una deformación permanente, y mediante su cálculo se puede predecir el grado de abrasión de un material durante la masticación; cuanto mayor sea este módulo, mayor será la abrasibilidad del material.⁸

Esta propiedad depende principalmente de las características físicas del relleno, así como de la localización de la restauración en la arcada dental y las relaciones de contacto oclusales ³⁶. Cuanto mayor sea el porcentaje de relleno, menor el tamaño y mayor la dureza de sus partículas, la resina tendrá menor abrasibilidad.³⁶

Leinfelder y col.(29) fueron los primeros autores en explicar el origen del desgaste a partir de la aparición de microfracturas se producen durante la masticación debido al menor módulo de elasticidad de la resina respecto a las partículas de relleno.

Las partículas son resistentes al desgaste y comprimen la matriz durante la masticación y provocan estas microfracturas. Durante la carga cíclica estas grietas crecen y confluyen, con lo que ocasionan desprendimiento de partículas de relleno de la superficie del material. Este fenómeno es conocido como “plucking out”.³⁷

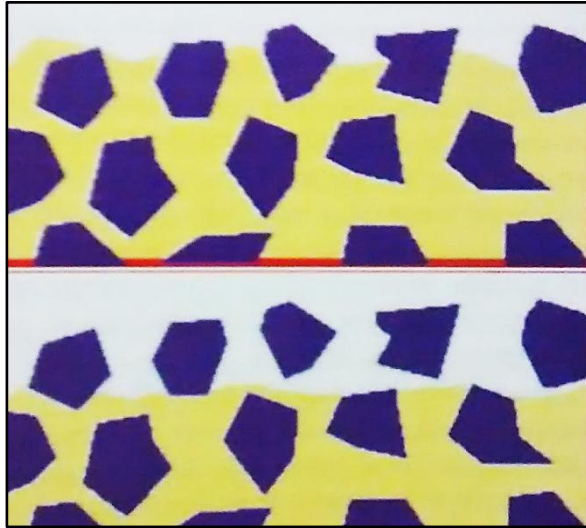


IMAGEN N° 4: Mecanismo de desgaste “Plucking Out”

El desgaste de la superficie de las resinas compuestas representa uno de los puntos débiles de éste tipo de materiales.

Éste fenómeno aumenta considerablemente con la dimensión de la restauración, aunque algunas situaciones clínicas son capaces de acelerar el proceso, tales como la oclusión traumática y la calidad de la manipulación y terminado de la restauración ²².

B. Contracción de polimerización

Como consecuencia de la polimerización, los sistemas de resina se contraen, fundamentalmente por la formación de una red macromolecular ⁸. Las moléculas de la matriz de una resina compuesta (monómeros) se encuentran separadas antes de polimerizar por una distancia promedio de 0,3-4 nm. (Distancia de unión secundaria), al polimerizar y establecer uniones covalentes entre sí, esa distancia se reduce a 0,15 nm (distancia de unión covalente). Ese "acercamiento" o reordenamiento espacial de los monómeros (polímeros) provoca la reducción volumétrica del material. ³⁸

B.1 Proporción de la fase matriz en el sistema

Esta contracción no es de la misma magnitud en todos los sistemas. La cantidad de contracción que se produce en un sistema de composite tras la polimerización de la matriz varía entre un 0,5% y un 5%, dependiendo en primer lugar, del porcentaje relativo de fase matriz que el sistema incorpora. Como la polimerización se produce en la fase matriz, los sistemas con más carga, con más cantidad de relleno y por tanto menos matriz presentarán cambios volumétricos menores. Así, una resina acrílica sin carga presenta una contracción del 15%, una resina acrílica que incorpore partículas prepolimerizadas tiene unos valores de contracción que descienden hasta un 5%, el composite de macrorrelleno entre 2,1% y el 1,2%, el de microrrelleno entre un 4,5% y un 2% y los composites híbridos entre el 3,6% y el 1,2% ⁸, estas diferencias en la contracción de polimerización se deben principalmente a la cantidad y el tipo de relleno.

Es muy importante, por tanto, conocer la contracción de cada uno de los composites que se utilizan en la clínica ya que dependiendo de su mayor o menor contracción se requerirán técnicas operatorias y de preparación cavitaria diferentes. Si se tiene opción a elegir, se utilizarán aquellos composites que posean mayores porcentajes de carga para aminorar esta desadaptación⁸.

B.2 Coeficiente de transmisión de la luz.

La gran ventaja de las resinas fotopolimerizables es el prolongado tiempo de trabajo, sin embargo, la limitada profundidad de fotopolimerización representa el mayor problema clínico. La presencia de una capa de resina sin polimerizar en la restauración puede reducir las propiedades mecánicas del material e inducir cierto daño pulpar. La intensidad de luz, determina, por tanto, el grado de conversión de los composites y con ellos sus propiedades mecánicas; si la luz no llega en suficiente intensidad a un determinado nivel de la masa de composite éste no polimerizará adecuadamente, y no desarrollará sus propiedades⁸.

La intensidad de luz que llega a un determinado punto de composite estará condicionada por la intensidad de luz inicial, la distancia del foco a la superficie de composite, el espesor de la capa de composite que se esté polimerizando y del coeficiente de transmisión de la luz del material de resina que se utilice.

El uso de pequeños grosores de composite asegura una adecuada penetrabilidad de la luz, que es la que va a iniciar la reacción de fraguado.

Las capas de composite no deben, por lo tanto, superar los 2mm de grosor, la distancia del foco al composite debe ser lo menor posible y el tiempo de exposición superior a los 20 segundos⁴⁰.

La luz visible útil para iniciar la reacción de polimerización, se encuentra situada en el espectro electromagnético entre los 400 y 500 nm, y para que sea eficaz requiere una densidad de potencia de al menos 300 mW/cm². Se ha puesto de manifiesto que existe una clara correlación entre el coeficiente de transmisión de la luz y la profundidad de polimerización de los composites ⁸.

Otro factor a tener en cuenta es el tipo de partícula de relleno. Las partículas de relleno de composite actúan como una interferencia y producen dispersión de la luz que incide sobre ellas. Esta dispersión es máxima cuando el tamaño de la partícula mide la mitad de la longitud de onda de la luz que incide, como trabajamos con luces entre los 450 y 500 nm, ese tamaño de partícula que haría máxima la dispersión sería de aproximadamente 0,25 μ m. Esta dispersión de luz disminuirá el coeficiente de penetrabilidad y por tanto la profundidad de curado⁴⁰.

B.3 Grado de conversión

Se define como la extensión en que los monómeros pasan a polímero e indica el porcentaje de enlaces simples que se han convertido en enlaces dobles además indica la cantidad de monómeros de la resina que han reaccionado formando polímeros. El grado de conversión de las resinas dentales actuales oscila entre el 35 y el 80% ²².

La conversión incompleta aporta a la resina cierta elasticidad, propiedad que puede beneficiarnos ya que reduce las tensiones generadas en la interfase adhesivo–diente. Un mayor grado de conversión confiere a las resinas mejores propiedades mecánicas, pero con el inconveniente de una mayor contracción de polimerización⁴¹.

Ferracane y colaboradores determinaron que el grado de conversión óptimo para que el comportamiento de una resina dental sea adecuado es del 55%⁴¹. La presencia de monómeros sin reaccionar o de radicales activos tiene un efecto reblandecedor del polímero, por lo que se puede establecer una relación entre el grado de conversión de los monómeros y las propiedades físicas del composite.⁴

C. Rugosidad Superficial.

El término de rugosidad superficial se refiere a la uniformidad de la superficie del material de restauración. En las resinas compuestas, esta propiedad está relacionada en primer lugar con el tipo, tamaño y cantidad de las partículas de relleno y en segundo lugar con la técnica de acabado y pulido ²².

La rugosidad superficial es menor cuanto menor es el tamaño de partícula de relleno; los híbridos submicrónicos altamente cargados (con homogeneización en el tamaño medio de partícula) tienen una capacidad de pulido equiparable a la de los de microrrelleno, y por tener mayor porcentaje de relleno el pulido de su superficie es más duradero.

En términos generales puede decirse que la capacidad de pulido se relaciona más con el tamaño medio de partícula y con el porcentaje de relleno del material que con la distribución del mismo ⁸. Una resina rugosa favorece la acumulación de placa bacteriana y puede ser un irritante mecánico especialmente en zonas próximas a los tejidos gingivales. En la fase de pulido de las restauraciones se logra una menor energía superficial, evitando la adhesión de placa bacteriana, se elimina la capa inhibida y de esta forma se prolonga en el tiempo la restauración de resina compuesta²².

D. Coeficiente de Expansión Térmica.

Es la velocidad de cambio dimensional por unidad de cambio de temperatura. Cuanto más se aproxime el coeficiente de expansión térmica de la resina al coeficiente de expansión térmica de los tejidos dentarios, habrá menos probabilidades de formación de brechas marginales entre el diente y la restauración, al cambiar la temperatura. Un bajo coeficiente de expansión térmica está asociado a una mejor adaptación marginal²².

Las resinas compuestas tienen un coeficiente de expansión térmica unas tres veces mayor que la estructura dental, lo cual es significativo, ya que, las restauraciones pueden estar sometidas a temperaturas que van desde los 0° C hasta los 60° C²².

E. Sorción Acuosa y Expansión Higroscópica.

La matriz de resina absorbe agua (0,2 a 2 mg/cm²) cuando se encuentra en un medio húmedo; esta absorción de agua es promovida por los dos grupos hidroxilo que posee el BisGMA, provocando una

expansión volumétrica que se conoce como expansión higroscópica, la cual se traduce en una expansión lineal de 0,02-0,6% ⁸.

La incorporación de agua en la resina, puede causar solubilidad de la matriz afectando negativamente las propiedades de la resina, éste fenómeno es conocido como degradación hidrolítica. Dado que la sorción es una propiedad de la fase orgánica, a mayor porcentaje de relleno, menor será la sorción de agua²².

La absorción es también favorecida por las porosidades y las fisuras. El fenómeno de imbibición implica también una expansión volumétrica del material que podría compensar parcialmente la contracción por polimerización ²².

F. Resistencia a la Fractura.

Esta es una propiedad que se pone a prueba durante la masticación, ya que durante éste acto la resina se ve sometida, en las caras oclusales, a fuerzas que oscilan entre los 25 y los 75 pN/cm.

Las resinas compuestas presentan diferentes resistencias a la fractura y va a depender de la cantidad de relleno, las resinas compuestas de alta viscosidad tienen alta resistencia a la fractura debido a que absorben y distribuyen mejor el impacto de las fuerzas de masticación²².

G. Resistencia a la Compresión y a la Tracción.

La fuerza de tracción es aquella que tiende a alargar la longitud de un cuerpo; la fuerza de compresión es aquella que tiende a acortar la longitud de dicho cuerpo.

Los módulos de resistencia a la compresión y a la tracción se consideran similares a los de la dentina. Las resistencias a la compresión y a la tracción son muy similares a la dentina. Está relacionada con el tamaño y porcentaje de las partículas de relleno: a mayor tamaño y porcentaje de las partículas de relleno, mayor resistencia a la compresión y a la tracción.⁴³

H. Módulo de elasticidad

El módulo de elasticidad o módulo de Young se define como la proporción existente entre la tensión a que se somete el material y la deformación reversible o elástica que éste sufre ⁴³. Un material con un módulo de elasticidad elevado será más rígido; en cambio un material que tenga un módulo de elasticidad más bajo es más flexible. En las resinas compuestas esta propiedad igualmente se relaciona con el tamaño y porcentaje de las partículas de relleno: A mayor tamaño y porcentaje de las partículas de relleno, mayor módulo elástico⁴².

I. Estabilidad del color.

La estabilidad de color de los composites es importante, ya que son materiales que se utilizan para obturaciones estéticas. Las principales alteraciones que puede sufrir una restauración de resina son ⁴²:

- *Decoloración interna:* Se produce en toda la masa de la resina; principalmente se debe a la oxidación de las aminas terciarias que forman parte de la composición de las resinas de activación química, por lo tanto, no se produce en las resinas fotopolimerizables.

Otro tipo de coloración interna es la que ocurre cuando la resina se hidrata ⁴².

- *Decoloración externa:* Está causada por un reblandecimiento del polímero que condiciona que una sustancia colorante pueda difundir en él con mayor facilidad. Este proceso suele producirse más en las resinas que incorporan menor cantidad de relleno y sobre todo cuando el grado de conversión del monómero es bajo ⁴².

J. Radiopacidad.

Los sistemas de resina compuesta poseen diferentes niveles de radiopacidad, la cual se consigue añadiendo metales pesados tales como, bario, estroncio, circonio, zinc, iterbio, itrio y lantano. Un grado de radiopacidad mayor al del esmalte, puede ser útil en el diagnóstico de caries alrededor o debajo de la restauración⁴³.

2.2.2 RESINA COMPUESTA USADA EN EL ESTUDIO

Las resinas compuestas bulk fill permiten realizar incrementos de 4 o 5 mm sin alterar sus propiedades físicas, el uso de incrementos más gruesos se debe tanto a la evolución de fotoiniciador y al aumento de su translucidez, la matriz de estas resinas se basa en la modificación del dimetacrilato de uretano (UDMA).⁴⁴

A. Resina compuesta nanohibrida

Esta resina reduce en gran medida los esfuerzos a la hora de crear restauraciones posteriores.

Puede ser colocado en capas de 4 mm, eliminando la necesidad de colocar varias capas que van siendo polimerizadas: colocar, modelar y fotopolimerizar durante 10 segundos (intensidad de luz $> 1,000 \text{ mW/cm}^2$): Al poder ser aplicado en capas de 4 mm, la resina ahorra al odontólogo valioso tiempo. Su aplicación, contorneado, modelado y polimerización se realizan hasta un 60% más rápido que con composites convencionales de 2 mm. Normalmente, para modelar y contorneo incrementos monolíticos de 4 mm se requiere más tiempo, especialmente si se reconstruyen cúspides. ⁴⁴

La resina compuesta contiene un filtro patentado inhibidor de la sensibilidad a la luz operatoria y luz ambiente, que asegura un tiempo de trabajo y modelado superior. El filtro inhibidor de sensibilidad lumínica actúa como un escudo, en cambio, no retrasa la polimerización cuando se inicia con una lámpara de polimerización. La consistencia adecuada y compactable facilita la colocación y el modelado, asegurando una adaptación excepcional a las paredes de la cavidad ⁴⁴.

Además gracias a la equilibrada composición del relleno, las restauraciones realizadas son pulidas rápida y fácilmente. Una resina compuesta que vaya a ser utilizado con la técnica bulk de capas de 4 mm ha de tener una baja contracción volumétrica para evitar filtraciones marginales; por ello, se han integrado unos mitigadores de estrés en la composición del relleno. Gracias a su bajo módulo de elasticidad, actúan como muelles microscópicos durante el proceso de polimerización, lo que reduce el estrés de contracción. Esto permite que esta resina otorgue un óptimo sellado marginal. El fotoiniciador, incorporado en el sistema fotoiniciador de esta resina, permite que capas de 4mm sean polimerizadas por completo en tan solo 10 segundos ⁴⁴.

Los rellenos consisten de vidrio de bario, prepolímero, trifloruro de iterbio y óxido mixto. También contiene aditivos, catalizadores, estabilizadores y pigmentos (<1,0% en peso). El tamaño de partícula del relleno inorgánico oscila entre 0.04 y 3 μm . El tamaño medio de partícula es de 0.6 μm ⁴⁴.

Ventajas:

- La obturación Bulk Fill es posible gracias al fotoiniciador
- Tecnología de obturación especial que asegura un nivel muy bajo del estrés de contracción.
- Resultados estéticos que se logran rápida y eficazmente en la región posterior⁴⁴.

Indicaciones:

- Restauraciones de dientes temporales.
- Restauraciones en la región posterior (Clase I y II).
- Restauraciones Clase V (caries cervicales, erosión en la raíz, defectos marginales).
- Resina preventiva en restauraciones molares y premolares⁴⁴.

2.2.3 FUENTES DE LUZ PARA FOTOPOLIMERIZACIÓN.

Tanto las resinas como los cementos dentales de fotopolimerización y activación dual presentan en su mayoría a la canforoquinona como elemento fotoiniciador.

Esta absorbe energía a un espectro de luz visible entre 400 y 500nm, con un pico ideal de 468nm.

En este sentido la fuente de luz debe emitir en una longitud de onda compatible con la de la CQ y en una intensidad adecuada a fin de polimerizar eficientemente el material.⁴⁶

Las distintas fuentes lumínicas varían tanto en el espectro de longitud de onda como en la intensidad de la luz emitida. Y esto incide directamente sobre las propiedades mecánicas de las resinas y la profundidad de la polimerización lograda.⁴⁷

2.2.3.1 CLASIFICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS PARA FOTOPOLIMERIZACIÓN

A. Polimerización por Luz Ultravioleta.

Consistía en una unidad para la emisión de luz ultravioleta (365nm) a través de una varilla de cuarzo de una fuente de mercurio a alta presión desarrollada en los años 70. Este significó un salto enorme al implicar polimerización bajo control, que era imposible de obtener con los sistemas de autocurado que existían hasta la fecha. Los tiempos de exposición eran de 20 segundos. Las resinas fotocuradas por este sistema se encontraban basadas en un fotoiniciador en base a compuestos tipo éter benzoinico que se rompía en múltiples radicales, sin necesitar compuestos intermediarios. Este sistema poseía sin embargo múltiples fallas. Primero por la limitada capacidad de la luz ultravioleta de penetrar el material por lo que este debía colocarse en incrementos pequeños y limitados en profundidad.

Además existen antecedentes de posibles efectos nocivos producto de la exposición de tejido ocular a las emisiones de onda corta como quemaduras corneales y formación de cataratas así como también cambios en la microflora oral.⁴⁸

B. Polimerización por luz visible y luz halógena.

El 24 de Febrero de 1976 el Dr. Mohammed Bassoiuny colocó la primera resina dental polimerizada por luz visible en la boca de un colega. La optimización del sistema de iniciación utilizando canforquinona y una amina alifática como coiniciador fue clave para el éxito de este sistema que continúa siendo el más utilizado hasta el día de hoy⁴⁸.

La unidad consistía en una fuente halógena de cuarzo-tungsteno un cristal para la absorción de calor y un filtro lumínico que permitía el paso de luz entre 400 y 550 nm. Este sistema permitió la polimerización de incrementos de hasta 2mm en tiempos de 40 a 60 segundos y la minimización del riesgo de cataratas y alteraciones de la microflora oral⁴⁸.

La tecnología halógena de cuarzo-tungsteno ha sufrido varios cambios a lo largo del tiempo. La potencia fue aumentada de 35 W hasta 100 W para unidades de mano y hasta 340 W para las unidades de mesa. La intensidad de luz obtenida varió de 400 a 500 mW/cm² a un extremo de 3000 mW/cm². Además de hacerse común un sistema de enfriamiento por medio de un ventilador y una punta Turbo que consistía en un cable de fibra óptica rígido que poseía un menor diámetro en su región distal respecto a la proximal de modo que la misma cantidad de luz se veía concentrada en una menor área logrando una intensidad hasta 1.6 veces mayor⁴⁸.

C. Luz de arco de plasma.

Fue desarrollada inicialmente para la visualización de campos operatorios (endoscopia, colonoscopia). La fuente consistía en dos electrodos de tungsteno separados por una pequeña distancia dentro de una cámara llena de gas a alta presión. Al activarse, la corriente eléctrica ioniza el gas y forma un puente (plasma) entre ambos electrodos lo que inicia la emisión de luz. El gas utilizado inicialmente era Argón lo que entregaba una emisión extremadamente alta, por lo que se dijo que exposiciones de menos de un segundo eran suficientes para remplazar la exposición convencional de 40 a 60 segundos para luz halógena. Una unidad típica tenía una potencia de 2000mW/cm² y entregaba luz en un espectro de 380 a 500nm con un pico en torno a los 460nm donde la canforquinona tiene su absorción óptima, con el tiempo fueron capaces de lograr una polimerización adecuada con exposiciones de 10 segundos ⁴⁸.

D. Luz L.E.D.

La tecnología LED se basa en la diferencia entre dos sustratos semiconductores diferentes para determinar la longitud de onda de la luz emitida. Son mucho más eficientes que las fuentes para fotocurado previamente desarrolladas, más ligeras y pueden ser fácilmente alimentados por baterías permitiendo su portabilidad ³.

D.1 L.E.D. de primera generación

Fueron introducidas en el año 2000. En general, el diseño constaba de una lámpara compuesta por múltiples unidades individuales que funcionaban al unísono, cada chip entregaba 30-60mW ubicados de

tal forma que en conjunto lograban la potencia suficiente para activar la CQ.

Existían diseños desde 7 a 64 unidades pero aun así, la radiación producida no era equiparable a la de las lámparas halógenas a pesar de que la gran mayoría de la radiación producida por LED se encontraba dentro del rango de longitud de onda para la activación de la CQ. Además, la alimentación se encontraba basada en baterías Ni-Ca que tenían un pobre desempeño ¹.

D.2 L.E.D. de segunda generación.

Gracias a avances realizados el año 2000 fue posible introducir múltiples diodos en un solo chip. Estos eran elaborados para emitir una la longitud de onda específica para la CQ siendo denominados como LEDs dentales azules. Posteriormente, apareció un nuevo chip de 5W con 600mW de salida lo que entregaba una luminiscencia 10-20 veces mayor a los chips de primera generación. Sin embargo las longitudes de onda emitidas tanto por estas lámparas como por las de primera generación se encontraban fuera del espectro para la activación de foto iniciadores alternativos

D.3 LED de tercera generación.

Las lámparas de tercera generación buscaron terminar con la limitación de sus predecesoras en la activación de foto iniciadores alternativos. Para esto las primeras unidades constaban de un chip de 5W

rodeado de 4 LEDs violetas de baja potencia (alrededor de los 400 nm).

Estas unidades se encuentran normalmente alimentadas por baterías de NiMH o -ion y son capaces de activar cualquier tipo de resina gracias a su amplio rango de longitud de onda ⁴⁸.

En la actualidad, las unidades de foto polimerización más populares corresponden a la luz halógena y a las unidades LED. Estas últimas, a partir del desarrollo de LEDs de segunda generación pasaron a competir directamente con las lámparas halógenas convencionales que en la actualidad se encuentran en retirada ya que la tendencia apunta a elegir tecnologías más eficientes ⁴⁸.

2.2.4 PROFUNDIDAD DE POLIMERIZACIÓN

La profundidad de polimerización determina que tan grueso puede ser un cuerpo de resina fotopolimerizable manteniendo al mismo tiempo un nivel de conversión de monómero aceptable (>50%).⁴⁹

La energía de la luz emitida por una unidad de fotopolimerización disminuye drásticamente cuando se transmiten a través de la resina compuesta⁵⁰. Esto conduce a una disminución gradual en el grado de conversión de la resina compuesta al aumentar la distancia desde la superficie irradiada, lo cual compromete las propiedades físicas de la resina compuesta.⁵¹ Los factores afectan a la profundidad de curado incluyen: ⁵²

- El tipo de resina compuesta, sombra y translucidez.
- El espesor del incremento.
- La distancia desde la punta de la unidad de fotocurado.
- Periodo de radiación.
- Tamaño y distribución de las partículas de carga.

2.2.4.1 MÉTODOS EMPLEADOS PARA MEDIR LA PROFUNDIDAD DE POLIMERIZACIÓN

A. Profundidad de curado por la norma ISO 4049

La norma internacional emitida por la Organización internacional de estandarización (ISO) que indica los requerimientos mínimos y las formas de prueba estándar de para los materiales compuestos dentales es la norma ISO 4049. En esta son evaluadas varias de las características de estos materiales incluyendo la profundidad de curado para los materiales de foto polimerización⁴⁹.

Para determinarlo, según la norma ISO se utiliza un molde de acero inoxidable de 4 mm de diámetro 3 mm de largo, si el fabricante afirma una profundidad mayor a 3 mm, el molde será al menos 2mm más largo que el doble de la profundidad de polimerización¹.

Se sobrepone una tira transparente con un portaobjetos, sobre esto se coloca el molde de acero y se llena con la resina a probar teniendo cuidado de excluir las burbujas de aire. Colocar una segunda tira de la tira transparente en la parte superior, seguido por el segundo porta objetos. Presionar la lámina portaobjetos para desplazar el exceso de material. Colocar el molde en el papel filtro, quitar el portaobjetos de la parte superior y colocar suavemente la fuente de fotopolimerización.

Irradiar el material durante el tiempo recomendado por el fabricante, retirar la muestra del molde y retirar el material no polimerizado con la espátula de plástico. Medir la altura del cilindro de resina polimerizada usando el micrómetro de 0,1mm de precisión y dividir el valor entre dos¹.

B. Profundidad de curado por perfiles de dureza

Vickers

La profundidad de curado por perfiles de dureza Vickers se realiza con un molde de acero inoxidable reutilizable, en forma de bloque con una muesca semicircular de 15 mm de longitud y 4 mm de diámetro. Se llena la muesca semicircular completamente el compuesto de resina. Luego, se cubre el molde con una tira transparente y con un portaobjetos de vidrio retirando los excesos de resina. Se coloca la segunda tira transparente en la abertura semicircular y se fotopolimeriza el compuesto de resina a través de la abertura semicircular (superficie superior) durante 10 s o 20 s manteniendo la punta de la unidad de fotopolimerización pegado a la tira transparente. Después de la fotopolimerización, se eliminan las dos tiras transparentes, se coloca el molde de resina en un dispositivo de indentación de microdureza.⁵³

Posteriormente, se hicieron las medidas de dureza (Dureza Vickers, VHN) en los especímenes de resina a distancias definidas, comenzando con la parte que estuvo más cercana a la punta de la fuente de luz (es decir, desde el "top") y avanzando hacia la parte del espécimen sin polimerizar (es decir, hacia el

"fondo") hasta que el espécimen de resina no pueda medirse más debido a su suavidad.

Las distancias definidas se incrementan gradualmente cada 0,1 mm empezando de una distancia inicial de 0,1mm.¹

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Resinas Bulk Fill: Son resinas compuestas que permiten realizar incrementos de 4 o 5 mm sin alterar sus propiedades físicas, el uso de incrementos más gruesos se debe tanto a la evolución de fotoiniciador y al aumento de su translucidez, la matriz de estas resinas se basa en la modificación del dimetacrilato de uretano (UDMA).⁵⁴

Profundidad de polimerización: Es la longitud que puede polimerizarse un material fotopolimerizable manteniendo al mismo tiempo un nivel de conversión de monómero aceptable (>50%)⁴⁹.

Fotoactivación: Es el proceso que inicia la reacción de polimerización de la resina compuesta, cuando se expone a una fuente de luz ultravioleta o halógena gracias a que las resinas presentan en su composición iniciadores fotosensibles de la reacción⁸.

Fotopolimerización: Es una reacción química a través de la cual los monómeros se unen entre sí por medio de enlaces covalentes y forman un polímero de cadenas cruzadas. Un polímero, por tanto, es una molécula larga formada por uniones repetidas de unidades monoméricas.⁵⁵

Lámpara de luz halógena: Es una lámpara con un filamento de tungsteno dentro de un gas inerte y una pequeña cantidad de halógeno (como yodo o bromo). La lámpara halógena tiene un rendimiento un poco mejor que la incandescente (18,22 lm/W) y su vida útil se aumenta hasta las 2.000 y 4.000 horas de funcionamiento⁴⁸.

Lámpara LED (luz emitida por diodos): Se caracteriza principalmente por no utilizar foco, es decir su luz no se emite por el calentamiento de filamentos metálicos, sino por emisión de energía a partir de diodos simétricamente orientados que evidencian una luz azul que varía entre 440 y 490 nm. La única fuente de energía utilizada en las lámparas con tecnología LED es la corriente eléctrica y el proceso es significativamente más eficiente que el usado por las lámparas halógenas⁴⁸.

CAPITULO III

HIPÓTESIS VARIABLES Y DEFINICIONES OPERACIONALES

3.1 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

3.1.1 Hipótesis General

La profundidad de polimerización está determinada por la distancia de fotoactivación.

3.1.2 Hipótesis Secundaria

La resina compuesta nanohíbrida bulk fill, presenta mayor profundidad de polimerización, al ser fotoactivada a 0mm de distancia.

La resina compuesta nanohíbrida bulk fill, presenta mayor profundidad de polimerización, al ser fotoactivada a 4mm de distancia.

La resina compuesta nanohíbrida bulk fill, presenta mayor profundidad de polimerización, al ser fotoactivada a 8mm de distancia.

3.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable		Concepto	Indicador	Valor	Escala
INDEPENDIENTE	Distancia de fotoactivación	Espacio que separa la superficie a polimerizar desde la fuente de luz.	Longitud de espacio entre la fuente de luz y la resina, medido en milímetros.	Razón	* 0 mm * 4 mm * 8 mm
DEPENDIENTE	Profundidad de polimerización	Cantidad de resina que polimeriza, medida desde la superficie irradiada hacia el interior.	Longitud de resina polimerizada, medida en milímetros.	Razón	0mm a 5mm.

CAPITULO IV

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Diseño de investigación

4.1.1 Tipo de Investigación:

El presente estudio es de tipo **experimental**, ya que se manipularan las variables para determinar el efecto posterior. De corte **transversal** debido a que los datos fueron tomados en un solo momento.

4.2 Diseño Muestral

La muestra se determinó de acuerdo a los antecedentes, por ello la muestra de la investigación estará conformada por 36 bloques cilíndricos los cuales serán distribuidos en: 12 bloques cilíndricos de resina en tres grupos. Todos los bloques de resina tendrán 4mm de diámetro. La resina será distribuida en 3 grupos con 12 bloques por grupo.

4.3 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

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

4.3.1 Confección de los moldes para elaborar los bloques de resina.

Según la norma ISO 4049, la altura del molde donde se coloca la resina debe ser 2mm mayor que el doble de la profundidad afirmada por el fabricante. Los moldes donde se colocará la resina, serán preparados con tubos de polietileno, tubitos de polietileno de 4mm de diámetro, todos los tubos se cortarán de acuerdo a la altura hallada para cada grupo en la prueba piloto.

Para la elaboración de los moldes, se colocará el tubo de polietileno sobre una platina de vidrio; dentro del tubo de polietileno que servirá de soporte, se empacará silicona de condensación; inmediatamente se introducirá al centro de la silicona de condensación el segundo tubito de 4mm de diámetro; posteriormente se colocará una platina portaobjetos y se presionará para quitar los excesos y uniformizar la superficie. Se esperará que la silicona condense y extraer el tubo interno de 4mm de diámetro.

4.3.2 Confección de las muestras de resina

Se elaborarán 36 muestras distribuidas de la siguiente manera:

Grupo 1: 12 muestras de resina compuesta nanohíbrida fotopolimerizada a 0mm de distancia.

Grupo 2 : 12 muestras de resina compuesta nanohíbrida fotopolimerizada a 4mm de distancia.

Grupo 3 :12 muestras de resina compuesta nanohíbrida fotopolimerizadas a 8mm de distancia.

Para fotopolimerizar las muestras, se utilizará una lámpara L.E.D de marca Woodpecker L.E.D F de 1200 mW/cm² de intensidad.

El tiempo de polimerización de las resinas compuestas se establecerá siguiendo las instrucciones del fabricante.

Para elaborar la muestra de resina, se colocará una cinta celuloide sobre una platina portaobjetos, sobre esto se colocará el molde de silicona y se llenará con la resina a probar teniendo cuidado de excluir las burbujas de aire. Para colocar las resinas se utilizará una espátula de resina.

Después de llenar el molde se sobrepondrá una segunda cinta celuloide en la parte superior, seguido por el segundo portaobjetos. Se presionará la lámina portaobjetos para desplazar el exceso de material, seguidamente se retirará el portaobjetos de la parte superior y se colocará suavemente la fuente de fotopolimerización.

Se fotoactivara el material durante 10 segundos. Para fotopolimerizar a 0mm de distancia, se colocará la punta de la lámpara LED pegada a la superficie superior del molde; para fotopolimerizar a 4 mm y 8 mm de distancia, se utilizará un dispositivo que permitirá separar la muestra de resina de la fuente de luz durante la polimerización.

4.3.3. Medición de la profundidad de polimerización

Inmediatamente después de la finalización de radiación, se extrajo la muestra del molde y con la espátula de plástico se retiró el material no polimerizado. Se midió la altura del cilindro de resina polimerizada (altura absoluta) usando el micrómetro de 0,01mm de precisión, se dividió entre 2 y se registró como la profundidad de polimerización de la resina.

CAPITULO V

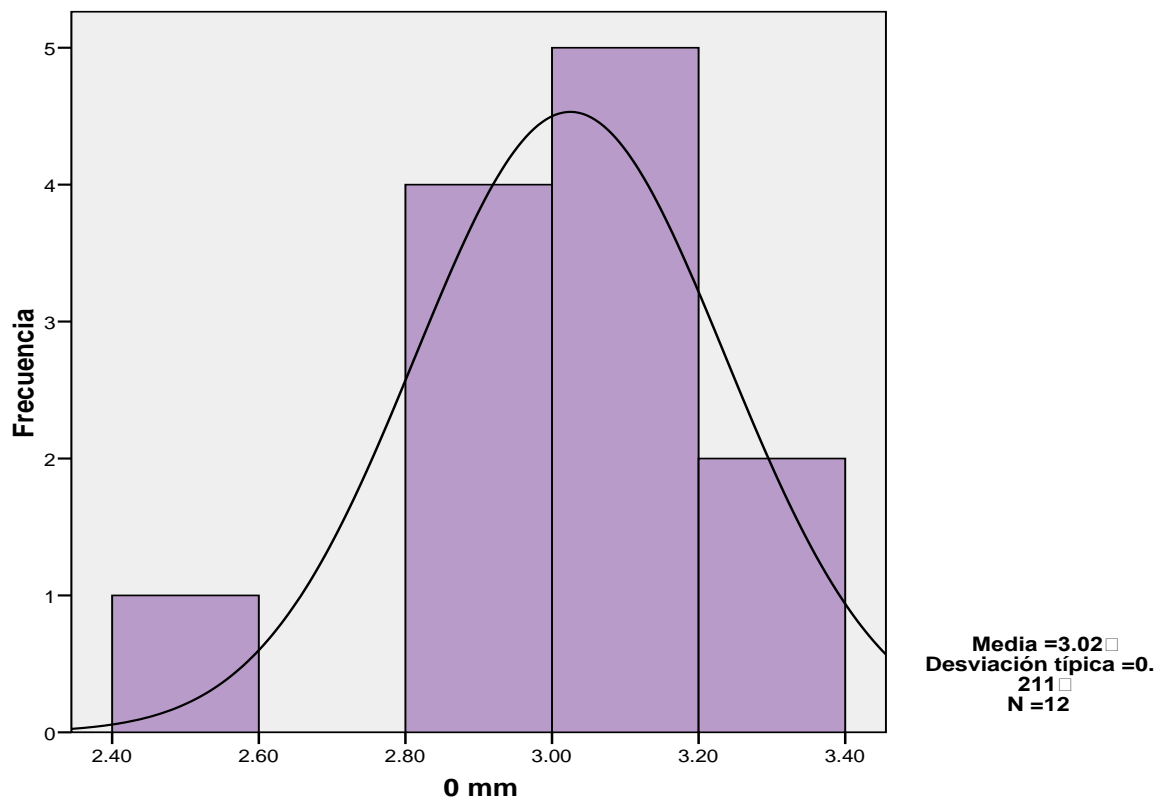
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

5.1 Análisis, tablas de frecuencia y gráficos

Los valores obtenidos de la lectura del micrómetro se registraron en una ficha de recolección, 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.

GRAFICO Nº 1

NORMALIDAD DE PROFUNDIDAD DE POLIMERIZACIÓN DE LA RESINA COMPUESTA NANOHÍBRIDA, APLICADA EN UN SOLO BLOQUE AL ILUMINAR POR 10 SEGUNDOS MEDIANTE LUZ L.E.D. A 0 MM DE DISTANCIA

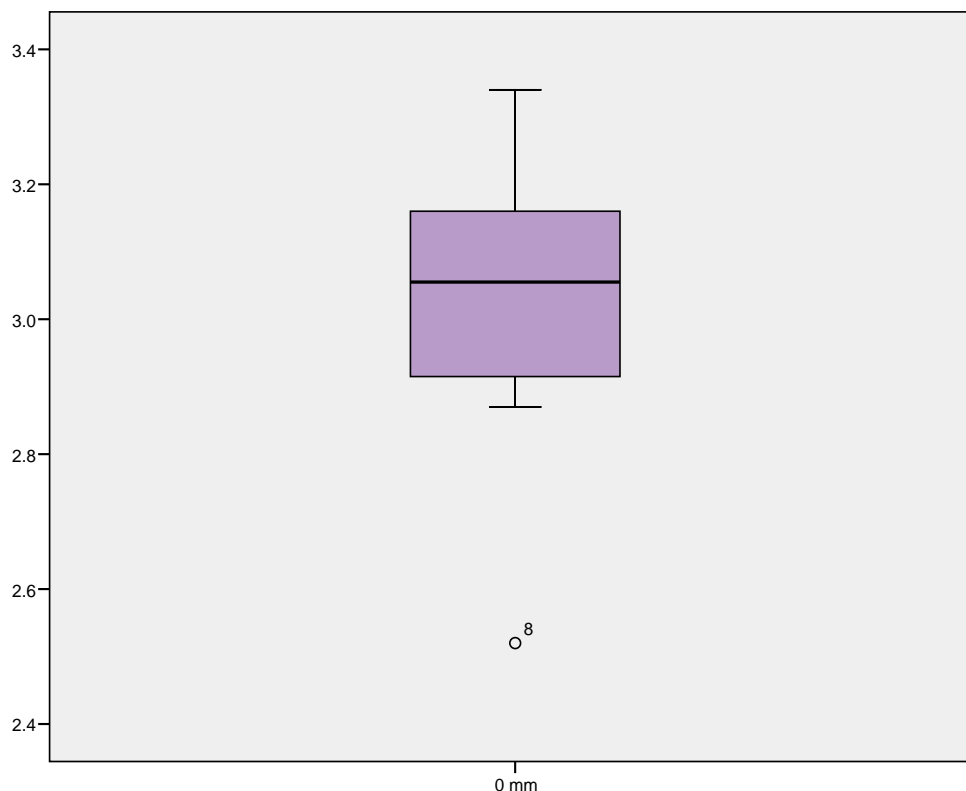


INTERPRETACION GRAFICO Nº1

De acuerdo a los resultados se encontró que la profundidad de polimerización a 0 mm de distancia tiene un comportamiento homogéneo, con una media de 3,025 mm, (DE;0,21) la campana de Gauss indica una curva de distribución normal, con tendencia a los valores mayores.

GRAFICO N° 2

GRAFICO DE CAJAS PROFUNDIDAD DE POLIMERIZACIÓN DE LA RESINA COMPUESTA NANOHÍBRIDA, APLICADA EN UN SOLO BLOQUE AL ILUMINAR POR 10 SEGUNDOS MEDIANTE LUZ L.E.D. A 0 MM DE DISTANCIA.

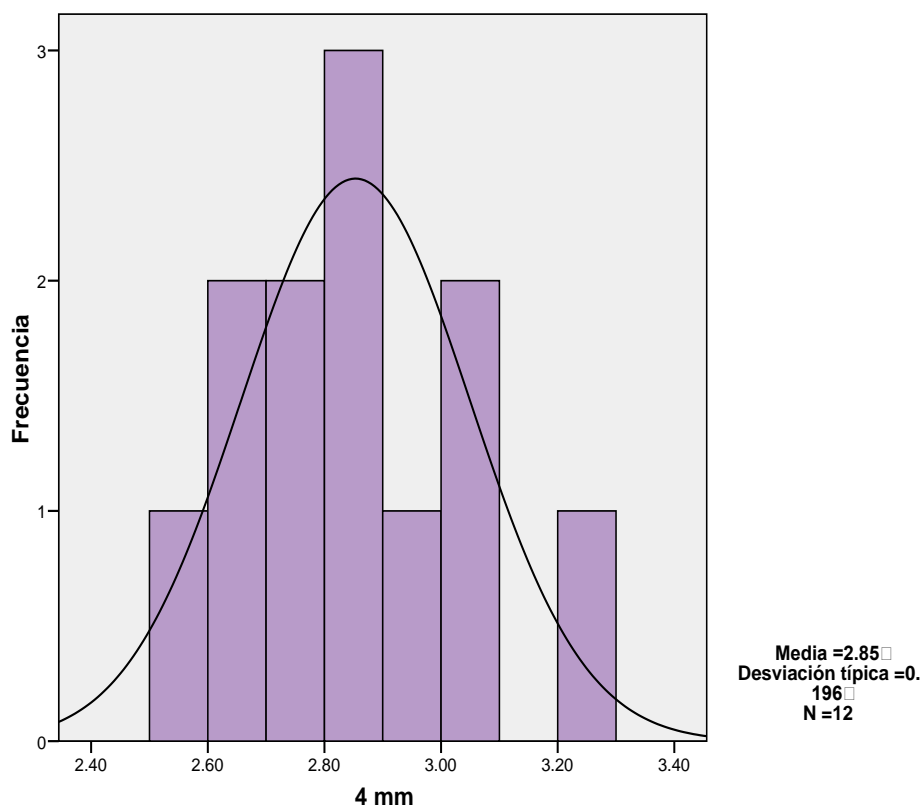


INTERPRETACION GRAFICO N° 2

El grafico muestra que la distribución de los casos con un valor mínimo de 2,52 y un valor máximo de 3,34, la media de 3,05, los datos tienden a concentrarse en la parte inferior a la distribución con respecto a la media está por encima, (DE 0.211). Existe una asimetría en la distribución en la barra inferior con respecto a la barra superior, la longitud del bigote superior es mayor al del inferior, indicando que existen valores extremos hacia la derecha.

GRAFICO N° 3

**PROFUNDIDAD DE POLIMERIZACIÓN DE LA RESINA COMPUESTA
NANOHÍBRIDA, APLICADA EN UN SOLO BLOQUE
AL ILUMINAR POR 10 SEGUNDOS MEDIANTE LUZ
L.E.D. A 4 MM DE DISTANCIA.**

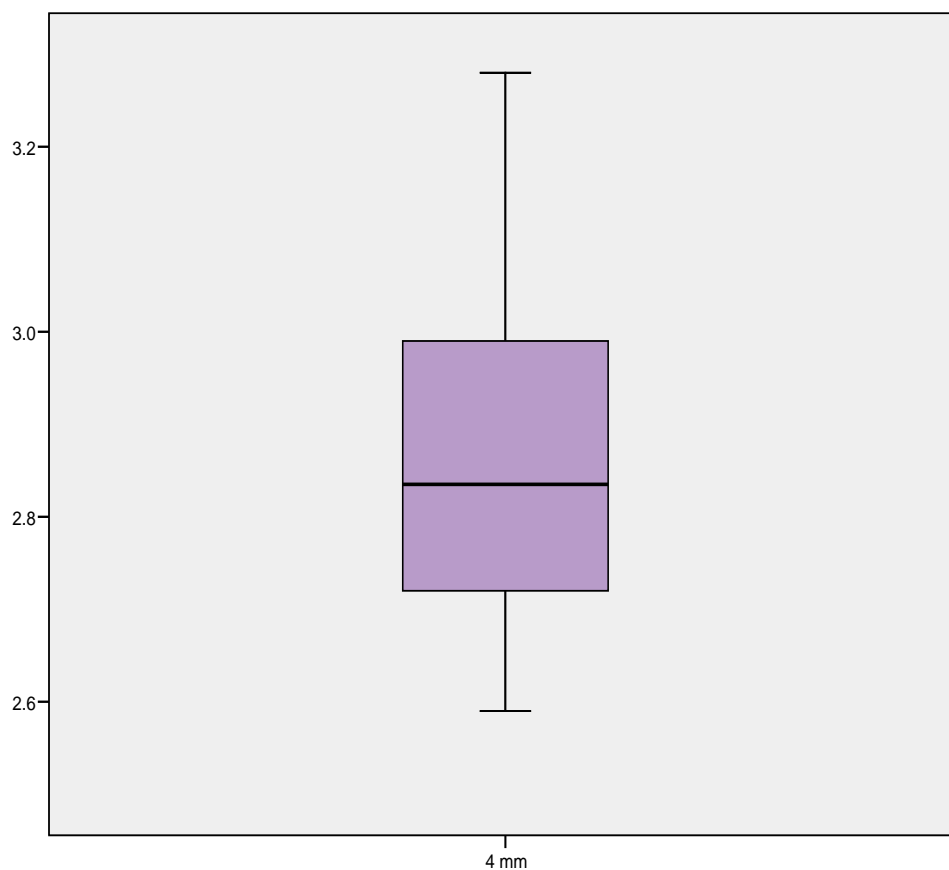


INTERPRETACION GRAFICO N° 3

Se encontró que la profundidad de polimerización a 4 mm de distancia tiene un comportamiento homogéneo, con tendencia a ser mas plana con una media de 2,85mm, (DE;0,10) la campaña de Gauss indica su normalidad con tendencia al lado positivo. Con una desviación estandar menor a 1.

GRAFICO N° 4

GRAFICO DE CAJAS PROFUNDIDAD DE POLIMERIZACIÓN DE LA RESINA COMPUESTA NANOHÍBRIDA, APLICADA EN UN SOLO BLOQUE AL ILUMINAR POR 10 SEGUNDOS MEDIANTE LUZ L.E.D. A 4 MM DE DISTANCIA.

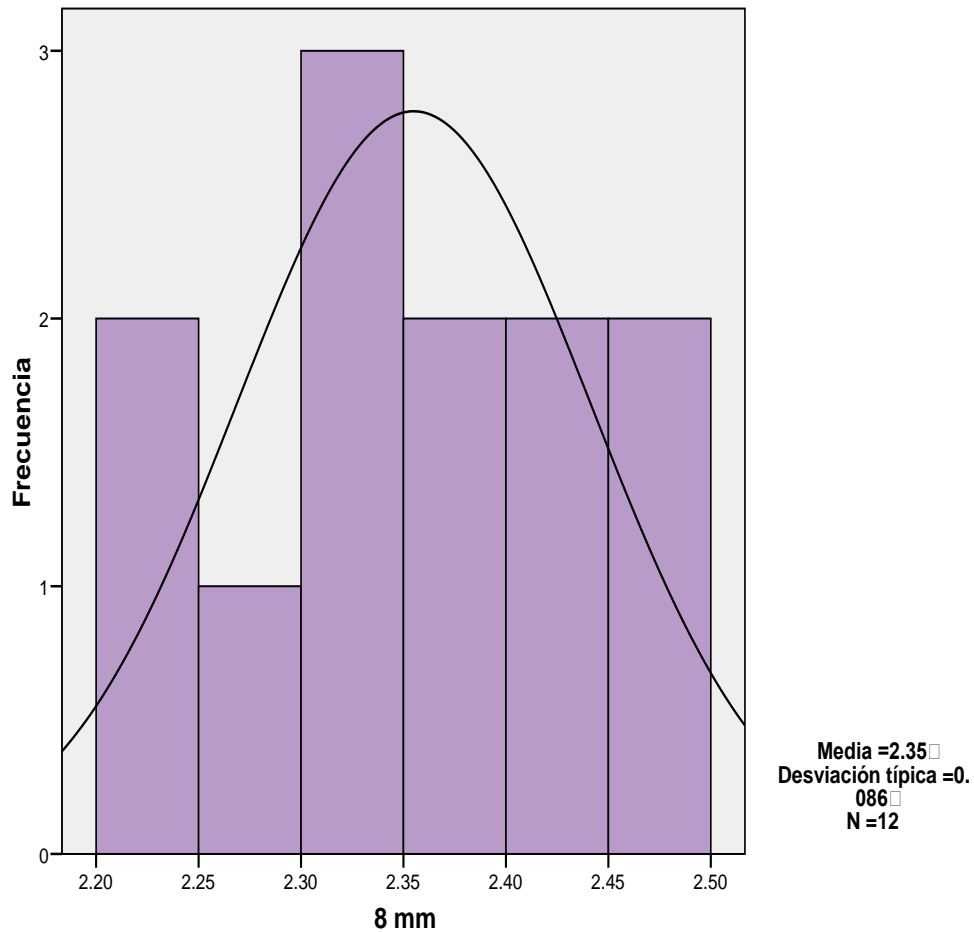


INTERPRETACION GRAFICO N° 4

El presente grafico de cajas y bigotes representa que existe una asimetría en la distribución en la barrera inferior (2,59 mm) con respecto a la barrera superior (3,28), con una media de 2,58mm. (DE 0,19mm) la longitud del bigote superior es mayor al del inferior. Mostrando que los valores si bien están cercanos a la media existen valores extremos que se visualizan en el bigote superior.

GRAFICO Nº 5

PROFUNDIDAD DE POLIMERIZACIÓN DE LA RESINA COMPUESTA NANOHÍBRIDA, APLICADA EN UN SOLO BLOQUE AL ILUMINAR POR 10 SEGUNDOS MEDIANTE LUZ L.E.D. A 8 MM DE DISTANCIA.

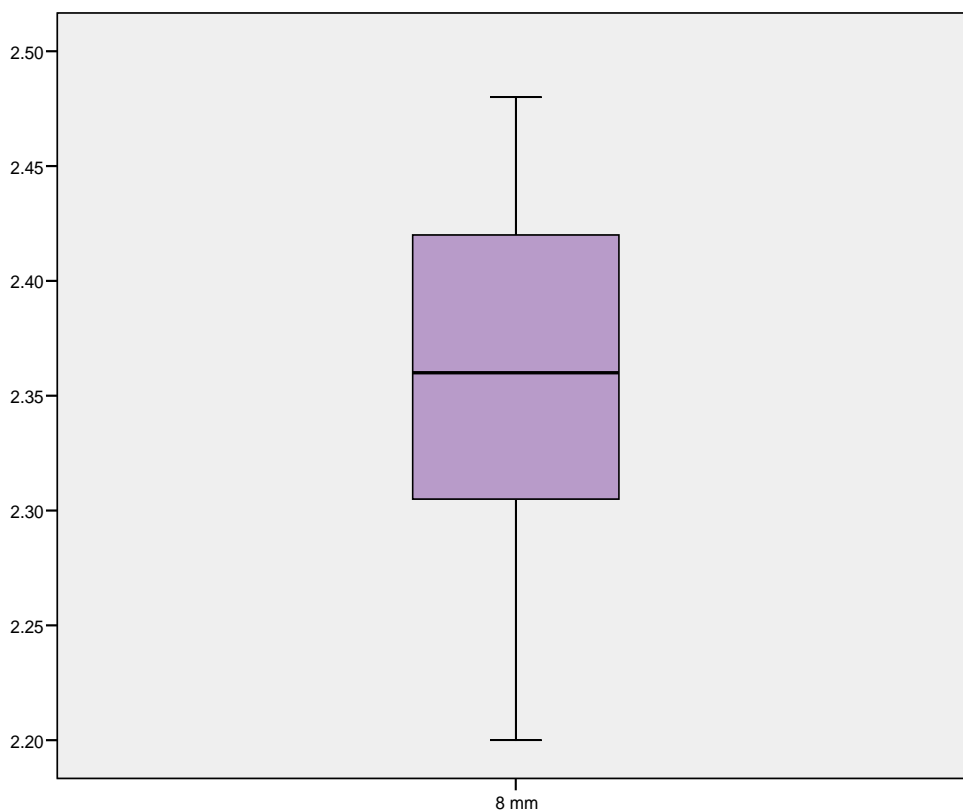


INTERPRETACION GRAFICO Nº 5

Se encontró que la profundidad de polimerización a 8 mm de distancia tiene un comportamiento homogéneo, con una media de 2,35mm, (DE;0,08) la campaña de Gauss indica su normalidad con tendencia al lado positivo.

GRAFICO N° 6

GRAFICO DE CAJAS PROFUNDIDAD DE POLIMERIZACIÓN DE LA RESINA COMPUESTA NANOHÍBRIDA, APLICADA EN UN SOLO BLOQUE AL ILUMINAR POR 10 SEGUNDOS MEDIANTE LUZ L.E.D. A 4 MM DE DISTANCIA.

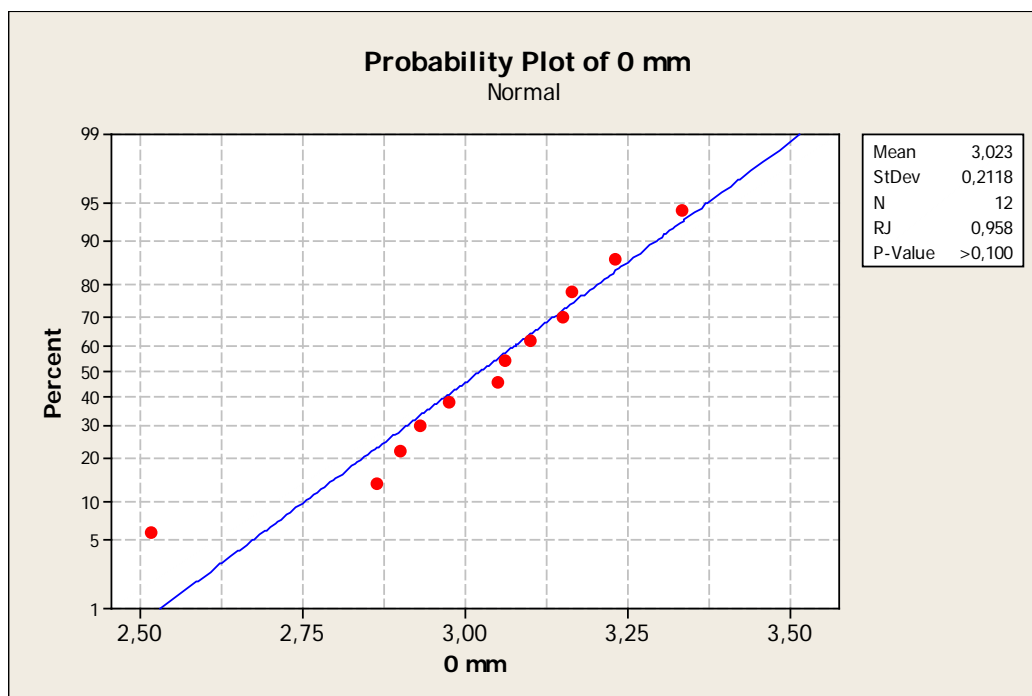


INTERPRETACION GRAFICO N° 6

El grafico de cajas y bigotes representa que existe una simetría en la distribución en la barrera inferior (2,2 mm) con respecto a la barrera superior (2,48), la DE de 0,08 mm representa mínima diferencia en los valores con respecto a la media, la longitud del bigote inferior es mayor al del superior.

GRAFICO N° 7

DISTRIBUCION DE LOS DATOS SEGÚN NORMALIDAD EN LA PROFUNDIDAD DE POLIMERIZACIÓN DE LA RESINA COMPUESTA NANOHÍBRIDA, APLICADA EN UN SOLO BLOQUE AL ILUMINAR POR 10 SEGUNDOS MEDIANTE LUZ L.E.D. A 0 MM DE DISTANCIA



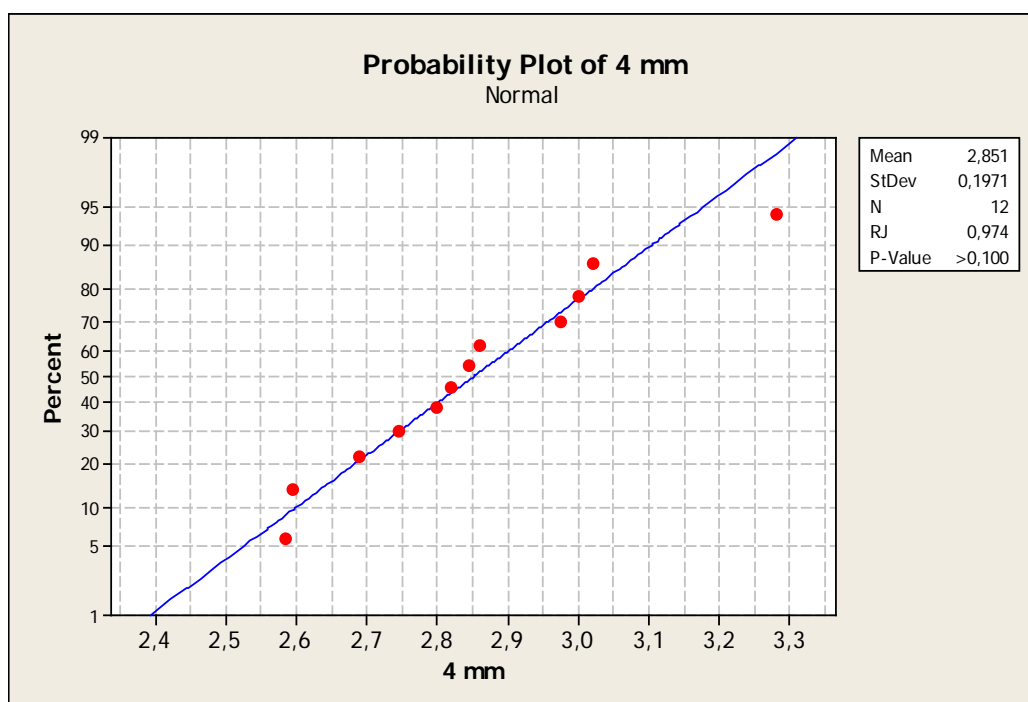
PRUEBA DE NORMALIDAD			
Shapiro-Wilk			
0 MM	Estadístico	gl	Sig.
	0,9368	12	0,458

INTERPRETACION DE GRAFICO N° 7

En el presente grafico observamos que los datos obtenidos en nuestro trabajo a los 0 mm. son muestras aleatorias de una distribución normal que se distribuyen en forma muy cercana a la media, y a la mediana. Y con valores que tienden a separarse de la media en sus minimos datos. Así mismo la prueba de normalidad de Shapiro Wilk nos indica que con un chi menor a uno y $p > 0,05$, no existe diferencia en los valores encontrados con un nivel de confianza del 95%. .

GRAFICO Nº 8

DISTRIBUCION DE LOS DATOS SEGÚN NORMALIDAD EN LA PROFUNDIDAD DE POLIMERIZACIÓN DE LA RESINA COMPUESTA NANOHÍBRIDA, APLICADA EN UN SOLO BLOQUE AL ILUMINAR POR 10 SEGUNDOS MEDIANTE LUZ L.E.D. A 4 MM DE DISTANCIA.



PRUEBA DE NORMALIDAD			
Shapiro-Wilk			
4 MM	Estadístico	gl	Sig.
	0,94924	12	0,6259

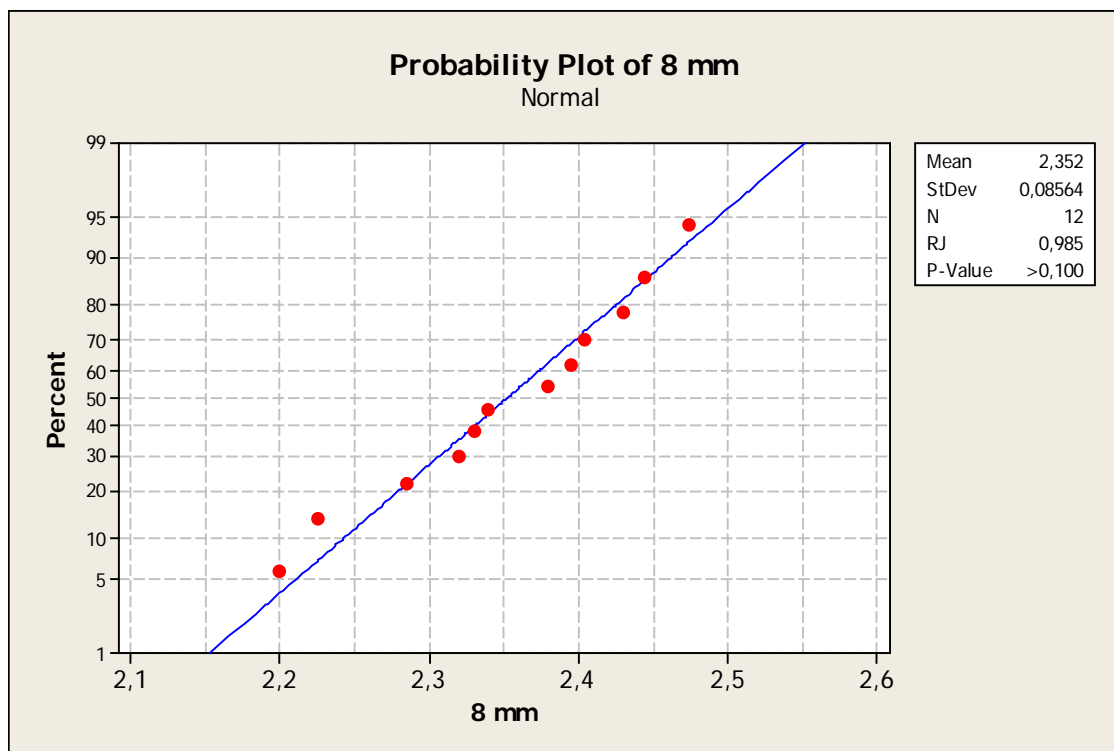
INTERPRETACION DE GRAFICO Nº 8

En el presente grafico observamos que los datos obtenidos en nuestro trabajo a los 4 mm. son muestras aleatorias de una distribución normal con valores cercanos a la media con valores extremos en la línea superior. La prueba de normalidad de Shapiro Wilk nos indica que con un (R=0,94) nivel de confianza

del 95% y nivel de significación 0,62 ($p>0.05$) no existe diferencia significativa entre los valores encontrados, demostrando una distribución homogénea..

GRAFICO Nº 9

DISTRIBUCION DE LOS DATOS SEGÚN NORMALIDAD EN LA PROFUNDIDAD DE POLIMERIZACIÓN DE LA RESINA COMPUESTA NANOHÍBRIDA, APLICADA EN UN SOLO BLOQUE AL ILUMINAR POR 10 SEGUNDOS MEDIANTE LUZ L.E.D. A 8 MM DE DISTANCIA



PRUEBA DE NORMALIDAD			
Shapiro-Wilk			
8 MM	Estadístico	gl	Sig.
	0,96594	12	0,8639

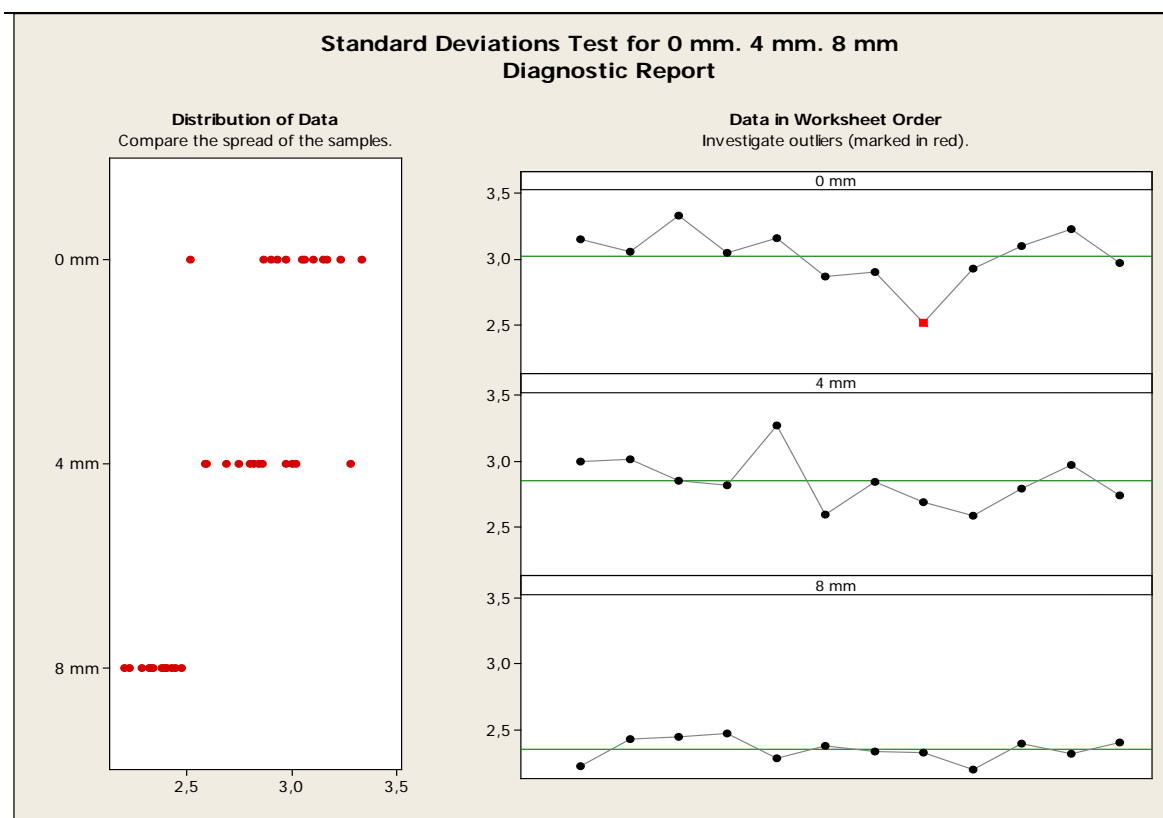
INTERPRETACION DE GRAFICO Nº 9

De los datos obtenidos en nuestro trabajo a los 8 mm. son muestras aleatorias de una distribución normal que se distribuyen en forma homogénea con respecto a la media, algunos datos que se separan en la parte inferior de la línea media.

La prueba de normalidad de Shapiro Wilk nos indica que con un $(R=0,96)$ nivel de confianza del 95% y nivel de significación 0,86 ($p>0.05$) no existe diferencia significativa entre los valores encontrados, demostrando una distribución homogénea.

GRAFICO Nº 10

RELACION DE LA PROFUNDIDAD DE POLIMERIZACIÓN DE LA RESINA COMPUESTA NANOHÍBRIDA, APLICADA EN UN SOLO BLOQUE AL ILUMINAR POR 10 SEGUNDOS MEDIANTE LUZ L.E.D. A 0, 4, 8 MM DE DISTANCIA



Correlaciones

		0 mm	4 mm	8 mm
0 mm	Correlación de Pearson	1	0,573	0,148
	Sig. (bilateral)		0,051	0,646
4 mm	Correlación de Pearson	0,573	1	-0,059
	Sig. (bilateral)	0,051		0,855
8 mm	Correlación de Pearson	0,1481	-0,0592	1

Sig. (bilateral)

0,6460

0,8551

*

La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

El gráfico comparativo de la distribución normal de las 3 pruebas realizadas en nuestro trabajo nos demostró que el comportamiento de los datos es homogéneo y normal con un nivel de confianza del 95%, frente a estos resultados podemos aplicar la prueba de Tau de Kendall (correlación de Pearson), para variables cuantitativas homogéneas con 3 series de muestras menores de 30, indica que no hay diferencia en la profundidad de polimerización de la resina compuesta nanohíbrida, aplicada en un solo bloque al iluminar por 10 segundos mediante luz l.e.d. a 0, mm. Y a una distancia de 4 y 8 mm existe diferencia en la profundidad de polimerización de la resina compuesta nanohíbrida, aplicada en un solo bloque al iluminar por 10 segundos mediante luz l.e.d. ($p > 0.05$).

5.2. Comprobación de hipótesis y técnicas estadísticas empleadas

Los datos fueron procesados con análisis estadístico el cual se realizó con un nivel de significancia de 0,05 para todas las pruebas estadísticas, estos datos fueron procesados mediante el programa estadístico SPSS 21 y EPIDAT 3.1 se realizó la prueba de normalidad de Shapiro Wilk para ver la distribución de los datos, obteniéndose una distribución normal en todos los grupos ($p > 0,05$); para determinar la homogeneidad entre cada grupo de estudio se utilizó la representación gráfica de distribución normal Campana de Gauss donde se observó datos de comportamiento homogéneo ($p < 0,05$). Se observaron los siguientes promedios de profundidad de polimerización: resina fotoactivada a 0mm de distancia con una media de 3,25mm resina fotoactivada a 4mm de distancia con una media de 2.85mm y resina fotoactivada a 8mm de distancia con una media de 2.35mm

Así mismo para respaldar los resultados obtenidos se utilizaron diagramas estadísticos de cajas y bigotes, con lo que corroboramos los resultados obtenidos en los gráficos de Campana de Gauss.

El gráfico comparativo de distribución normal de las tres pruebas realizadas en nuestro estudio, nos demostró un comportamiento de datos homogéneo con un nivel de confianza del 95%.

Se aplicó la prueba estadística de Tau de Kendal (correlación de Person), para variables cuantitativas homogéneas con tres series de muestras menores a 30 nos indica que no hay diferencia en la profundidad de polimerización de la resina compuesta nanohíbrida, aplicada en un solo bloque al iluminar por 10 segundos mediante luz led a 0mm. ($p < 0.05$) Pero si existe diferencia en profundidad de polimerización en las distancia de 4 y 8mm ($p > 0.05$).

5.3. Discusión

Las resinas compuestas son ampliamente utilizadas en odontología, por ello se han presentado numerosos estudios que han aportado al desarrollo de diferentes tipos de resinas compuestas, convirtiéndose éste, en uno de los principales objetos de estudio en materiales dentales, intentando día a día mejorar sus características físicas, tanto estéticas como mecánicas.

Las resinas compuestas son una buena respuesta para la necesidad operatoria estética de los pacientes en la actualidad, pero su adecuado uso en el sector posterior implica adecuadas propiedades mecánicas.

Este estudio tuvo como objetivo determinar la profundidad de polimerización de las resinas “bulk fill” al ser fotoactivadas a diferentes distancias. La fase experimental de la metodología se evaluó mediante el método ISO 4049 establecidas para materiales poliméricos, ya que es importante estandarizar cada paso para que sean más relevantes los resultados obtenidos, los datos obtenidos por el micrómetro se dividieron entre dos y se registraron como la profundidad de polimerización de cada muestra.

El análisis estadístico se realizó con un nivel de significancia de 0,05 para todas las pruebas estadísticas. En los resultados obtenidos de la presente investigación se observó que no hay diferencia en la profundidad de polimerización de la resina compuesta nanohíbrida, aplicada en un solo bloque al iluminar por 10 segundos mediante luz l.e.d. a 0, mm. ($p < 0.05$) Y a una distancia de 4 y 8 mm existe diferencia en la profundidad de polimerización de la resina compuesta nanohíbrida, aplicada en un solo bloque al iluminar por 10 segundos mediante luz l.e.d. ($p > 0.05$).

Al revisar estudios anteriores reportados con respecto a la profundidad de polimerización, se encontró que sólo existen estudios que evalúan la profundidad de polimerización de las resinas al ser fotoactivadas a 0mm de distancia.

En 2014 Jang realizó un estudio experimental para evaluar la contracción de polimerización y la profundidad de polimerización de las resinas “bulk fill”, dentro de las cuales evaluó la profundidad de polimerización de la resina A, determinó que la profundidad de polimerización de la resina A fue de 4mm, estos resultados no son similares a los resultados obtenidos en el presente estudio donde la profundidad de polimerización de la resina a 0mm de fotoactivación con una media de 3,025 mm.

En 2013 Alrahlah evaluó la profundidad de polimerización de las resinas “bulk fill” dentro de las cuales se encontraban la resina A y la resina B, encontró que la profundidad de polimerización de la resina A (4.47mm) fue menor a la profundidad de polimerización de la resina B (5.03mm); estos resultados no coinciden con los resultados obtenidos en el presente estudio donde se encontró que la media de la profundidad de polimerización de la resina fotoactivada a 0 mm. (3,025 mm.) fue mayor a la profundidad media de polimerización de la resina fotoactivada a 4 mm. (2,85mm mm).

En 2012 Flury evaluó la profundidad de polimerización de las resinas “bulk fill” utilizando el método ISO 4049 y el método de indentación de los vickers, dentro de las resinas estudiadas se encontraba la resina A, encontró que la resina A presentó una profundidad de polimerización de 3.83mm, lo cual no coincide con los resultados obtenidos en este trabajo donde la profundidad de polimerización de la resina fotoactivada a 0 mm. Tiene una media de profundidad de 3.025 mm.

En 2012 Caro realizó un estudio comparativo de la profundidad de polimerización de resinas compuestas polimerizadas por luz L.E.D versus luz halógena, la fase experimental se basó en la norma ISO 4049, concluyó que es posible lograr profundidades de polimerización adecuados tanto con luz LED de segunda generación como con una unidad halógena convencional al polimerizar resina fluida a través de cuerpos de resina indirecta de hasta 3mm por 40 segundos, sin embargo estos valores resultan insuficientes al aumentar el espesor de la resina indirecta a 4mm; por ello es importante tener en cuenta la importancia de la fuente de luz.

CONCLUSIONES

- No hay diferencia en la profundidad de polimerización de la resina compuesta nanohíbrida, aplicada en un solo bloque al iluminar por 10 segundos mediante luz L.E.D. a 0 mm de distancia.
- Hay diferencia en la profundidad de polimerización de la resina compuesta nanohíbrida, aplicada en un solo bloque al iluminar por 10 segundos mediante luz L.E.D. a 4 mm de distancia.
- Hay diferencia en la profundidad de polimerización de la resina compuesta nanohíbrida, aplicada en un solo bloque al iluminar por 10 segundos mediante luz L.E.D. a 8 mm de distancia.
- Existe relación entre la profundidad de polimerización de la resina compuesta nanohíbrida, aplicada en un solo bloque al iluminar por 10 segundos mediante luz L.E.D. y la distancia de 4 y 8 mm.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar estudios sobre la calidad de polimerización de resinas “bulk fill” utilizando diferentes distancias de fotoactivación.
2. Se recomienda realizar estudios comparativos de la profundidad de polimerización de resinas “bulk fill” polimerizadas con luz L.E.D y Luz Halógena.
3. Se recomienda realizar estudios comparativos de la calidad de polimerización de resinas “bulk fill” polimerizadas con luz L.E.D y Luz Halógena.
4. Se recomienda realizar estudios sobre la resistencia de adhesión, al polimerizar en reconstrucciones dentarias, utilizando resinas “bulk fill”.

FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Flury S. Depth of cure of resin composites: is the ISO 4049 method suitable for bulk fill materials? *Dent Mater.* [Internet]. 2012 [May]; 28(5): 521–528.
2. Alrahlah A. Post-cure depth of cure of bulk fill dental resin-composites. *Dent Mater.* [Internet]. 2014 [Feb]; 30(2):149-54.
3. Caro 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 [Internet]. Santiago, Chile: Universidad de Chile - Facultad de Odontología; 2012.
4. Benetti A. Bulk-Fill Resin Composites: Polymerization Contraction, Depth Cure, and Gap Formation. *Oper Dent* [Internet]. 2015, 40-1.
5. Jang J. Polymerization Shrinkage and Depth of Cure of Bulk-Fill Resin Composites and Highly Filled Flowable Resin. *Operat Dent In-Press* [Internet]. 2014, 39-6.
6. 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.
7. Veranes Y. Determinación de la profundidad de curado y propiedades mecánicas de composites dentales fotopolimerizables experimentales. *RCOE* [revista en Internet]. 2005 [Abr]; 10(2): 161-170.
8. Toledano Pérez M. *Arte y Ciencia de los Materiales Odontológicos*. Editorial Avances Médico-Dentales, Madrid-España, 2009. 125-127.

9. Anusavice KJ, Phillips. Ciencia de los materiales dentales. 11 ed. Madrid (España): Elseiver Imprint; 2004.
10. Craig R. Materiales Dentales Restauradores. 7º. Edición. Argentina Editorial Mundi S.A.I.C. y F;1988.237-266.
11. Rueggeberg F. From vulcanite to vinyl, a history of resins in restorative dentistry. J Prosthet Dent 2002;87:364-79.
12. Albers. H. Odontología estética .Selección y coloración de materiales.1ed.Barcelona: Labor Barcelona; 1988.
13. Sarrett D. Clinical Challenges and the relevance of materials testing for posterior composites restorations. Dental Materials. 2005; 21(5): 9-20.
14. Pamir T, Türkün M. "Factors affecting microleakage of a packable resin composite: an in vitro study". Oper Dent. 2005.30(3):338-45.
15. Acuña P.A. Cementación de inlays de resina compuesta, Cementación de RC o VI. (Tesis Doctoral). Santiago: Universidad de Chile; 1992.
16. Bayne, C. Perspective. Our future in restorative dental Materials. J Esthetic Dent; 2000. 12:175-183.
17. Chávez J, Saravia R. Estudio comparativo in vitro de la microfiltración utilizando un sistema auto grabador imprimante con y sin grabado acido previo de la cavidad. Gac Odontol.2000; 2(4): 17-20.
18. Anusavice KJ, Phillips. Ciencia de los materiales dentales. 11 ed. Madrid (España): Elseiver Imprint; 2004.
19. Barrancos MJ. Operatoria Dental Integración Clínica.4ta ed. Buenos Aires: Editorial Panamericana; 2006.
20. Borsatto M., Milori S., Chinelatti M., Ramos R., Salvitti R., Djama J. Comparison of marginal Microleakage of flowable composite restorations in primary molars prepared by high speed carbide bur, ErYA

- Glaser, and air abrasion. *Journal of dentistry for children*.2006; 73(2):122-126.
21. Mohsen N, Craig R. Effect of silanation of fillers on their dispersability by monomer systems. *J. Oral Rehabil.* 1995; 22(7):183-189.
 22. Rodríguez G, Pereira S. Evolución y tendencias actuales en resinas compuestas. *Acta Odontológica Venezolana* .2008; 46(1):19.
 23. Lutz f, Phillips R. A classification and evaluation of composite resin systems. *J Prosthet Dent.* 1983; 50(4):480-488.
 24. Phillips, R. Avery, D. Mehra, R. Swatz, M. McCone, R. Observations on a composite resin for class II restorations: Three-years report. *J. Prost. Dent.* (1973); 30(6):891-897.
 25. Belvedere, P. Posterior composites experiencing growth trend. *Dentistry Today.* (1999); 18(3). 44: 46-47.
 26. Tveit, A. Espelid, I. Radiographic diagnosis of caries and marginal defect in connection with radiopaque composite fillings. *Dent. Mater* (1986); 2: 159-162.
 27. Miyasaka, T. Effects of shape and size of silanated fillers on mechanical properties of experimental photo cure composite resins. *J. Dent materials.* (1996); 15: 98-110.
 28. Lang, B. Jaarda, M. Wang, R. Filler particle size and composite resin classification systems. *J Oral Rehabil.* (1992); 19: 569-584.
 29. Braga R. Ballester R. Ferracane J. Factors involved in the development of polymerization shrinkage stress in resin-composites: a systematic review. *Dent Mater* (2005) ;21: 962-70.

30. Lutz F, Krejci I, Oldenburg T. Elimination of polymerization stresses at the margins of posterior composite resin restorations: A new restorative technique. *Quintessence Int* (1986); 17: 777-784.
31. Dletschi D, Magne P, Holz J. Recent trends in esthetic restorations for posterior teeth. *Quintessence Int*. 1994; 10(1):659-677.
32. Yin R, Heiss M, Sharp L, Suh B. Development and physical properties of a new low shrinkage composite. *J. Dent. Res.* (2002). 80: 514.
33. Geraldi, S, Perdigão, J. Microleakage of a New Restorative System in Posterior Teeth. *J. Dent. Res.* (2003); 81:127-65.
34. Henostroza G. Adhesión en Odontología Restauradora 2da ed. Editorial Ripano, Madrid, 2009.
35. Soderholm K. Degradation of glass filler in experimental composites. *J Dent Res* (1981);60:1867-75.
36. Kreulen C, Van Amerongen W. Wear measurements in clinical studies of composites resin restorations in the posterior region: A review. *J Dent. Child.* (1991); 58:109-123.
37. Leinfelder K, Wilder A, Jr, Teixeira L. Wear rates of posterior composite resins. *J Am Dent Assoc* (1986); 112: 829-833.
38. Braga R, Ferracane J. Alternatives In Polymerization Contraction Stress Management. *Crit. Rev. Oral. Biol. Med.* (2004); 15(3): 176 - 184.
39. Chen, H, Manhart, J, Hickel, R, Kunzelmann, K. Polymerization contraction stress in light-cured packable composite resins. *Dent Mater* (2001); 17: 253-259.
40. Lois F, Paz C, Pazos R, Rodríguez A. Estudio in vitro de microfiltración en obturaciones de clase II de resina compuesta condensable. *Odontoestomatol.* 2004; 20(2): 85-94.

41. Ferracane JL, Stansbury J, Burke FJT. Self-adhesive resin cements – chemistry, properties and clinical considerations. *J Oral Rehabil.* 38(4):295-314, 2011.
42. Moszner N, Salz U. New developments of polymeric dental composites. *Prog. Polym. Sci.* 2001; 26: 535-576.
43. Vega del Barrio JM. *Materiales en Odontología. Fundamentos biológicos, clínicos, biofísicos y fisicoquímicos.* Ediciones Avances. Madrid. 1996.
44. Ivoclar Vivadent S.A. Perfil técnico del producto Tetric® N-Ceram Bulk Fill Madrid.2013.
45. Kerr Corporation. Perfil técnico del producto Sonic Fill™, USA.2012.
46. Martínez MA. Estudio comparativo in Vitro de la resistencia a la tensión diametral de una resina compuesta foto polimerizada con una lámpara L.E.D. y una lámpara halógena convencional. Trabajo de investigación requisito para optar al título de Cirujano dentista. Universidad de Chile. Santiago 2004.
47. Roberts HW, Vandewalle KS, Berzins DW, Charlton DG. Accuracy of LED and halogen radiometers using different light sources *J Esthet Restor Dent.* 2006;18 (4):214-22.
48. Rueggeberg FA. State of the art: Dental photocuring: A review. *Dent Mater* 2011; 27:39–52.
49. Heintze SD, Zimmerli B. Relevance of in vitro tests of adhesive and composite dental materials, a review in 3 parts; part 1: approval requirements and standardized testing of composite materials according to ISO specifications. *Schweiz Monatsschr Zahnmed.* 2011;121(9):804-16.
50. Price RB, Murphy DG, Dérand T. Light energy transmission through cured resin composite and human dentin. *Quintessence Int* 2000; 31:659-67.

51. Sideridou ID, Achilias DS. Elution study of unreacted Bis-GMA, TEGDMA,UDMA, and Bis-EMA from light-cured dental resins and resin composites using HPLC. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2005;74:617-26.
52. Kramer N, Lohbauer U, García Godoy F, Frankenberger R. Light curing of resin-based composites in the led era. *Am J Dent* 2008; 21:135-42.
53. Mehl A, Hickel R, Kunzelmann KH, Physical Properties. Gap formation of light-cured composites with and without softstart-polymerization. *J Dent* 1997;25:321-30.
54. Czasch P, & Ilie N. In vitro comparison of mechanical properties and degree of cure of bulk fill composites *Clinical Oral Investigations.* 2013; 17(1) 227-235.
55. Flury S, Peutzfeldt A, Lussi A. Influence of increment thickness on microhardness and dentin bond strength of bulk fill resin composites. *Dent Mater.* [Internet]. 2014 [Feb]; 30(10):1104-12.

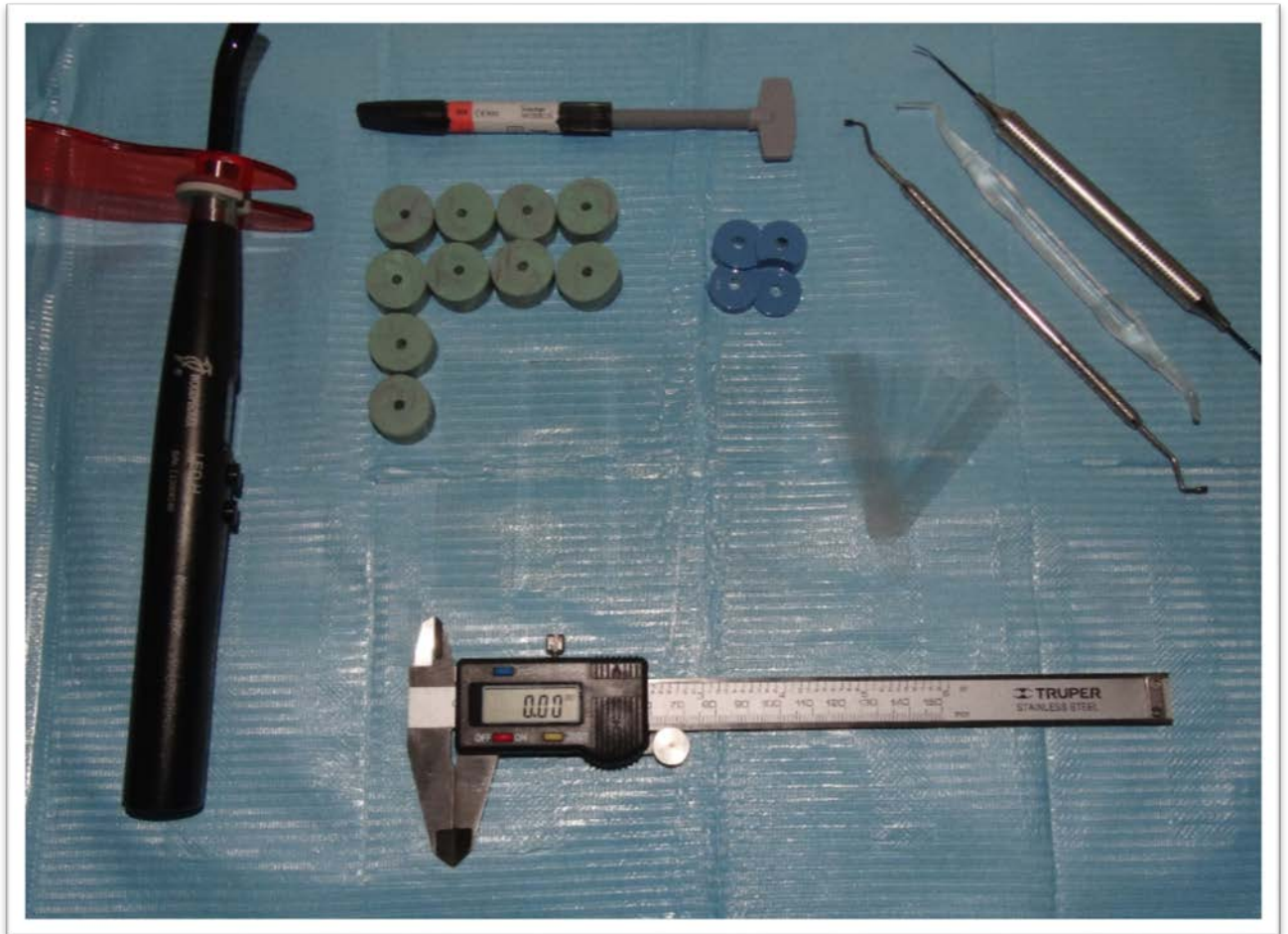
ANEXO N° 1

Ficha de recolección de datos.

RESINA NANOHIBRIDA BULK FILL	DISTANCIA DESDE LA PUNTA DE LA LAMPARA LED HASTA LA RESINA					
	0 mm.		4 mm.		8 mm.	
	A.A.	/2	A.A.	/2	A.A.	/2
	6.3	3.15	6.00	3.00	4.45	2.22
	6.12	3.06	6.04	3.02	4.86	2.43
	6.67	3.33	5.72	2.86	4.89	2.44
	6.10	3.05	5.64	2.82	4.95	2.47
	6.33	3.16	6.56	3.28	4.57	2.28
	5.73	2.86	5.19	2.59	4.76	2.38
	5.80	2.9	5.69	2.84	4.68	2.34
	5.03	2.51	5.38	2.69	4.66	2.33
	5.86	2.93	5.17	2.58	4.40	2.2
	6.20	3.1	5.60	2.8	4.79	2.39
	6.46	3.23	5.95	2.97	4.64	2.32
	5.95	2.97	5.49	2.74	4.81	2.40

ANEXO N° 2

FOTOGRAFÍA N° 1



Materiales usados en la investigación

FOTOGRAFIA N° 2



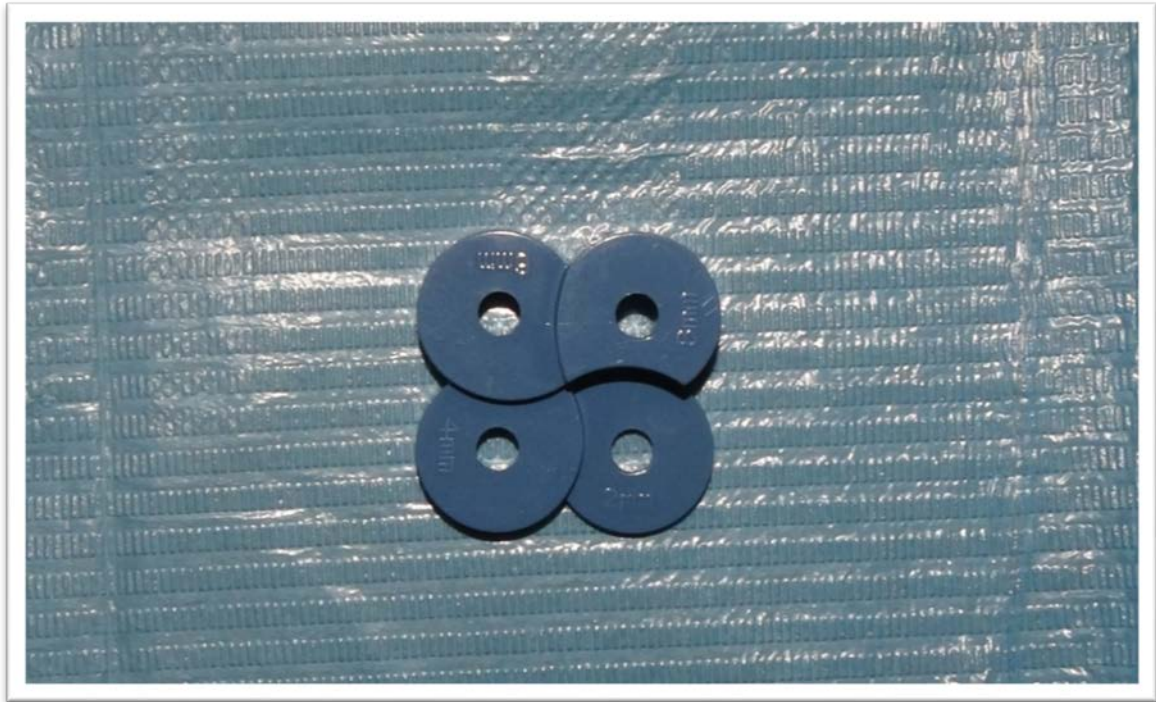
Resina nanohibrida bulk fill

FOTOGRAFIA N° 3



Moldes de silicona

FOTOGRAFIA N° 4



Dispositivo de separación

FOTOGRAFIA N° 5

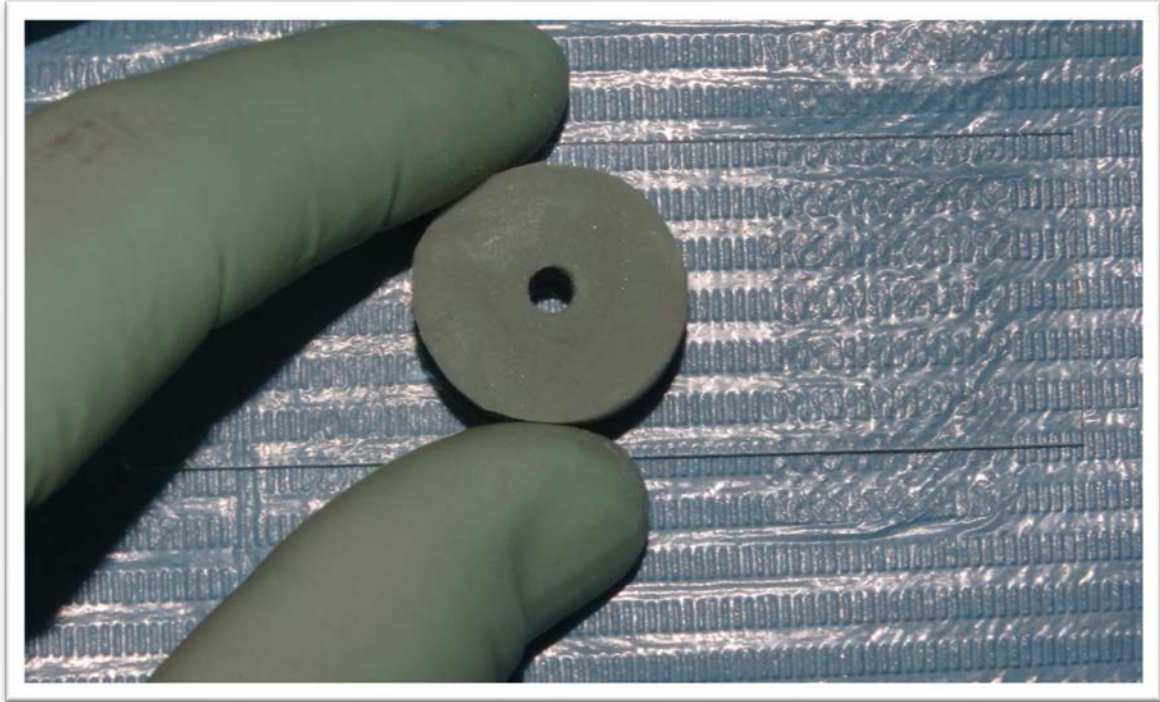


Micrómetro con 0.01 de precisión

ANEXO N° 3

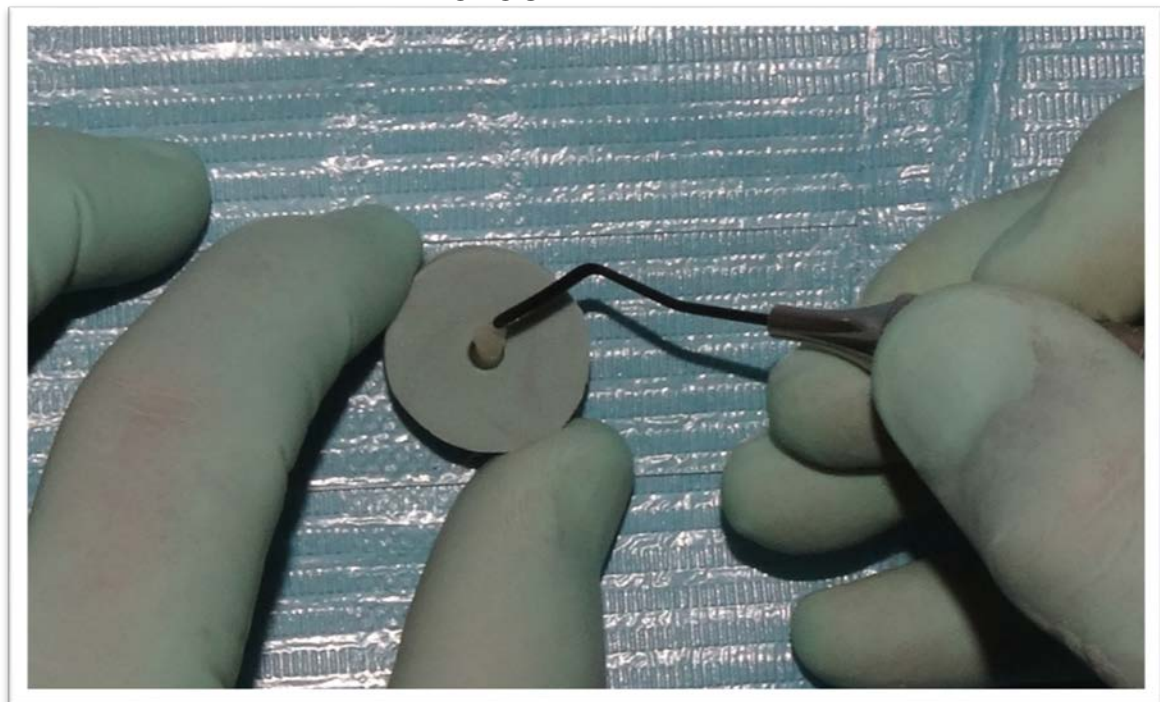
APLICACIÓN DEL MÉTODO ISO 4049

FOTOGRAFÍA N° 6



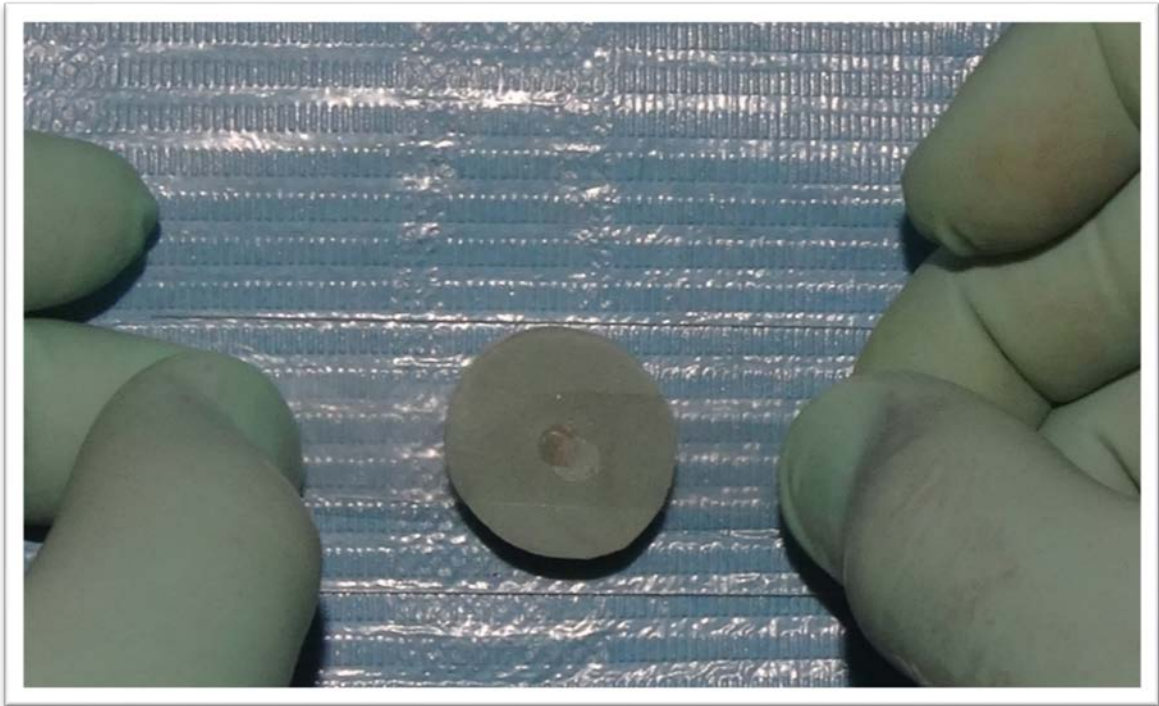
Colocación del molde sobre la platina portaobjetos.

FOTOGRAFIA N° 7



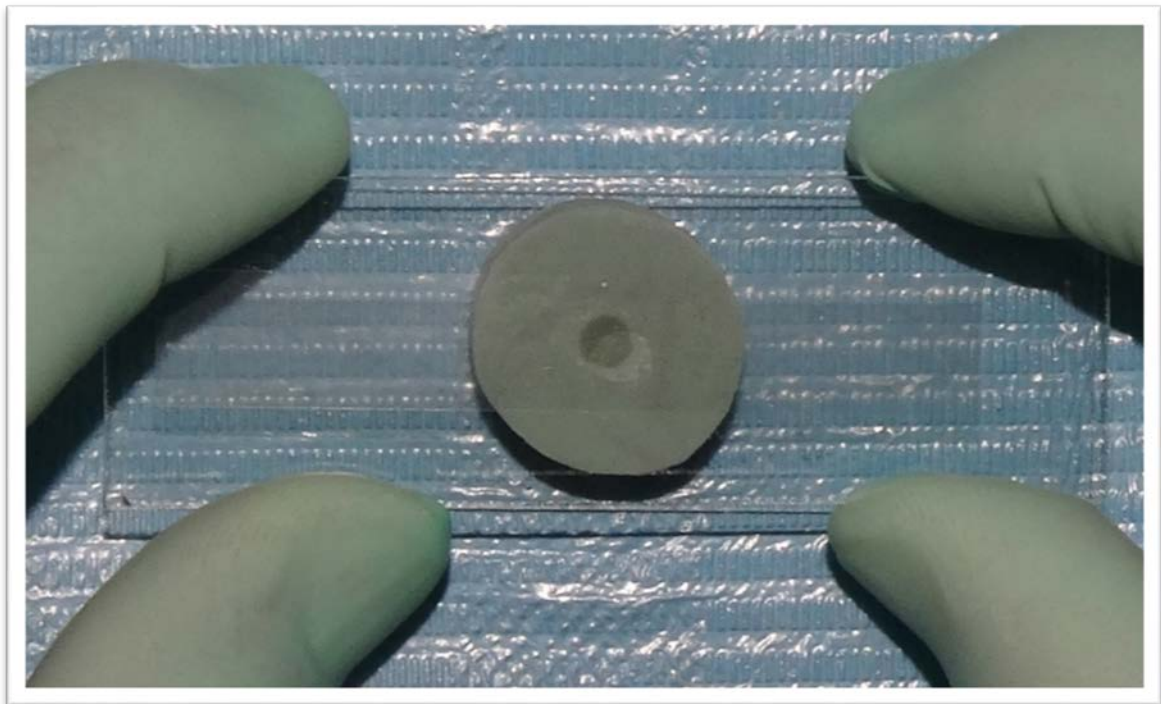
Colocación de la resina en el molde

FOTOGRAFIA N° 8



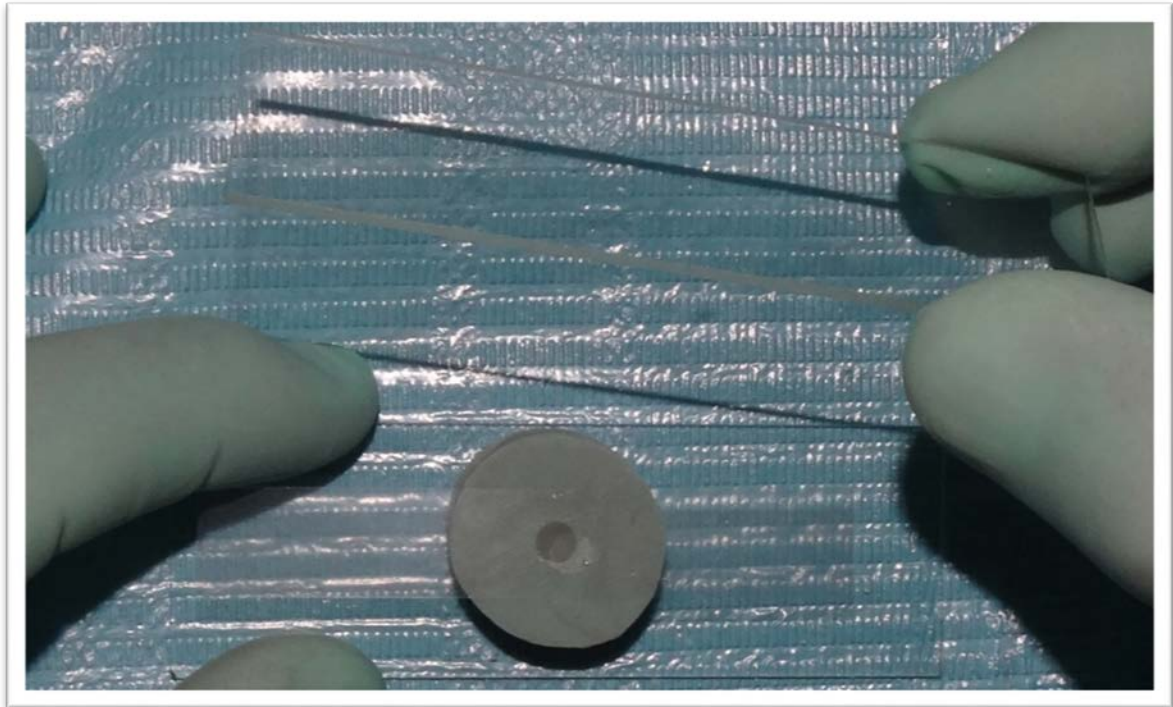
Colocación de cinta celuloide sobre la parte superior del molde

FOTOGRAFIA N° 9



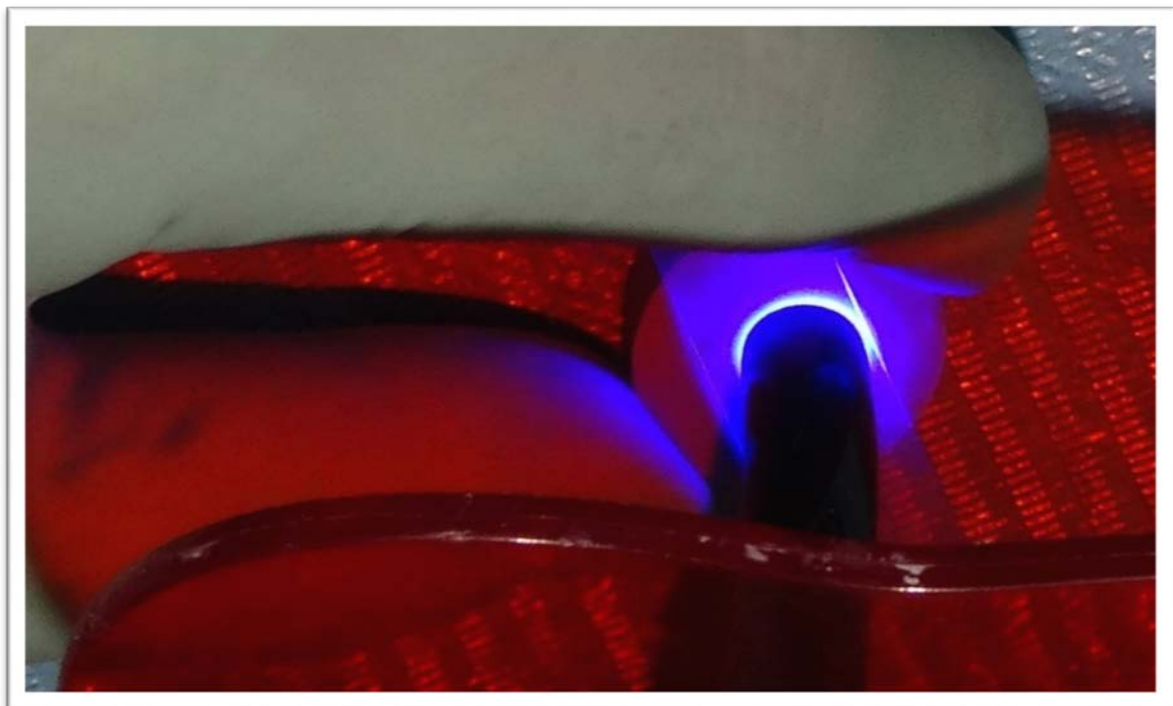
Presión con el segundo portaobjetos de vidrio

FOTOGRAFIA N° 10



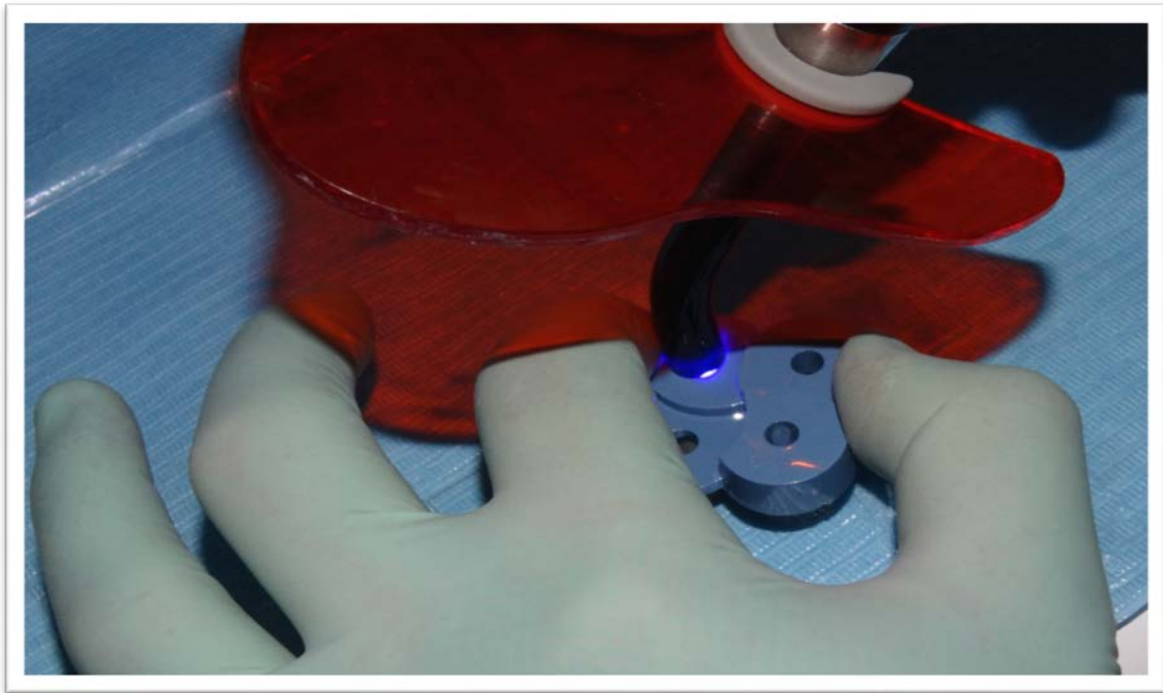
Retiro de portaobjetos de vidrio

FOTOGRAFIA N° 11



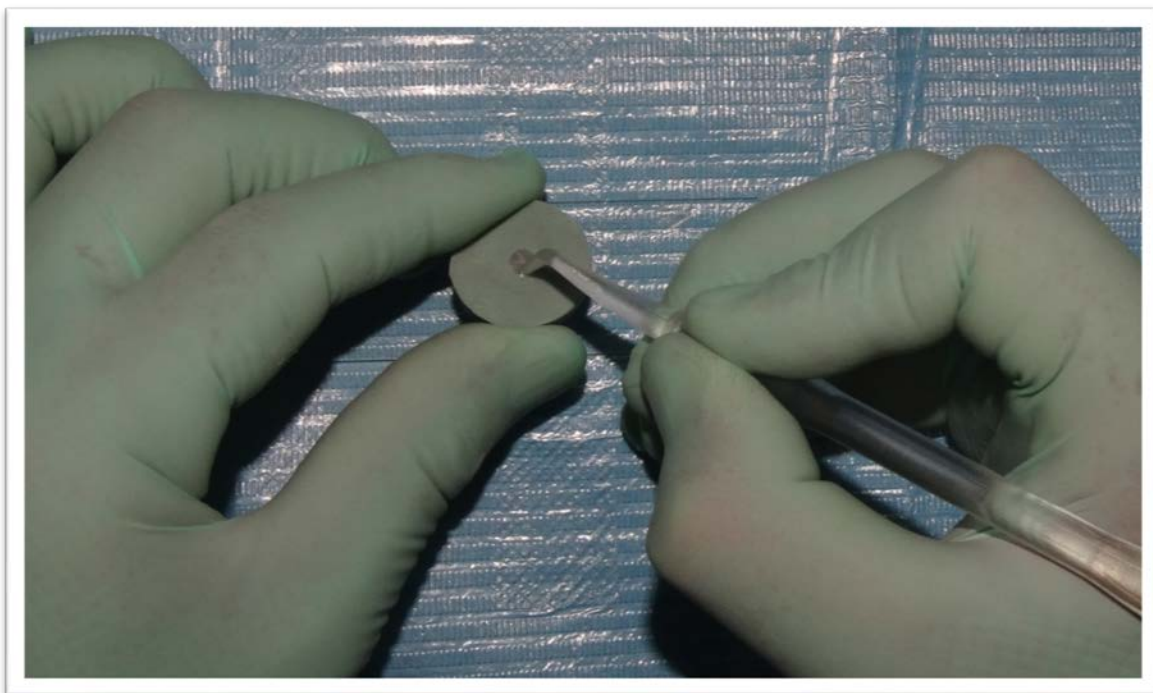
Polimerización a 0mm. De distancia

FOTOGRAFIA N° 12



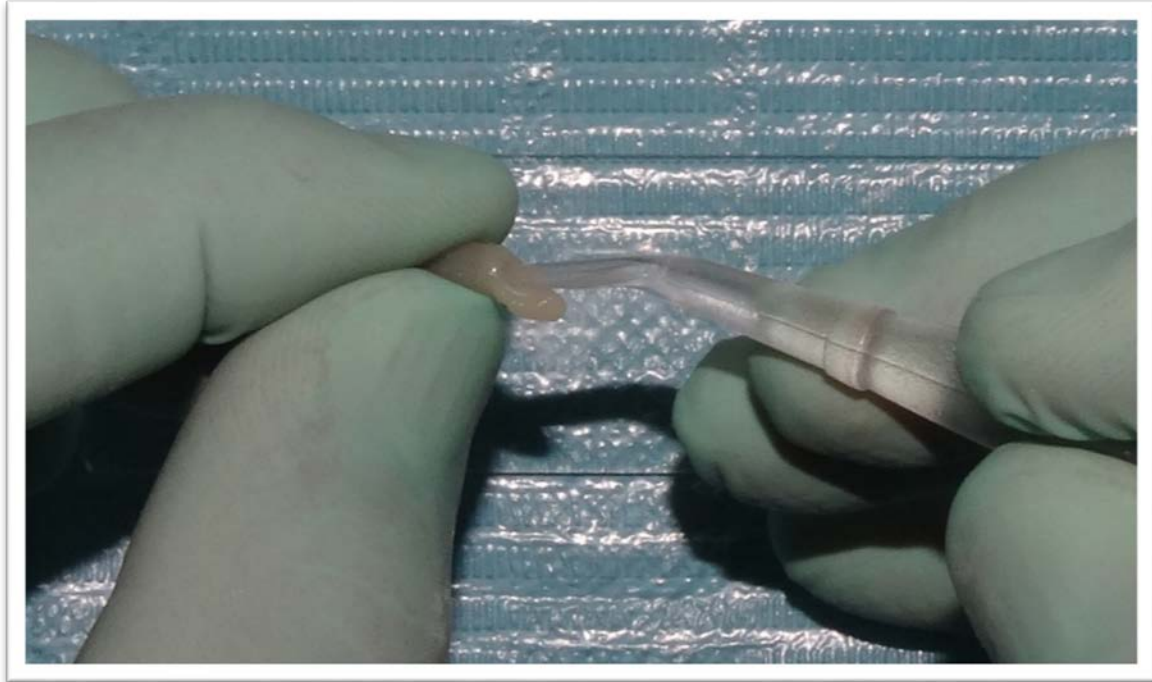
Polimerización a 4mm. De distancia

FOTOGRAFIA N° 13



Retiro del bloque de resina

FOTOGRAFIA N° 14



Retiro de la resina sin polimerizar

FOTOGRAFIA N° 15



Medida de la altura absoluta con un micrómetro.

ANEXO N° 4

MEDICIONES DE LA MUESTRA CON MICRÓMETRO DE 0.01 DE PRECISIÓN. RESINA A 0MM DE DISTANCIA DE FOTOACTIVACIÓN

FOTOGRAFIA N° 16



Muestra 1 Profundidad de polimerización 3.05

FOTOGRAFIA N° 17



Muestra 2 Profundidad de polimerización 3.16

FOTOGRAFÍA N° 18



Muestra 3 Profundidad de polimerización 3.15

FOTOGRAFÍA N° 19



Muestra 4 Profundidad de polimerización 2.86

FOTOGRAFIA N° 20



Muestra 5 Profundidad de polimerización 2.51

FOTOGRAFIA N° 21



Muestra 6 Profundidad de polimerización 2.93

FOTOGRAFIA N° 22



Muestra 7 Profundidad de polimerización 3.10

FOTOGRAFIA N° 23



Muestra 8 Profundidad de polimerización 3.23

FOTOGRAFIA N° 24



Muestra 9 Profundidad de polimerización 2.97

FOTOGRAFIA N° 25



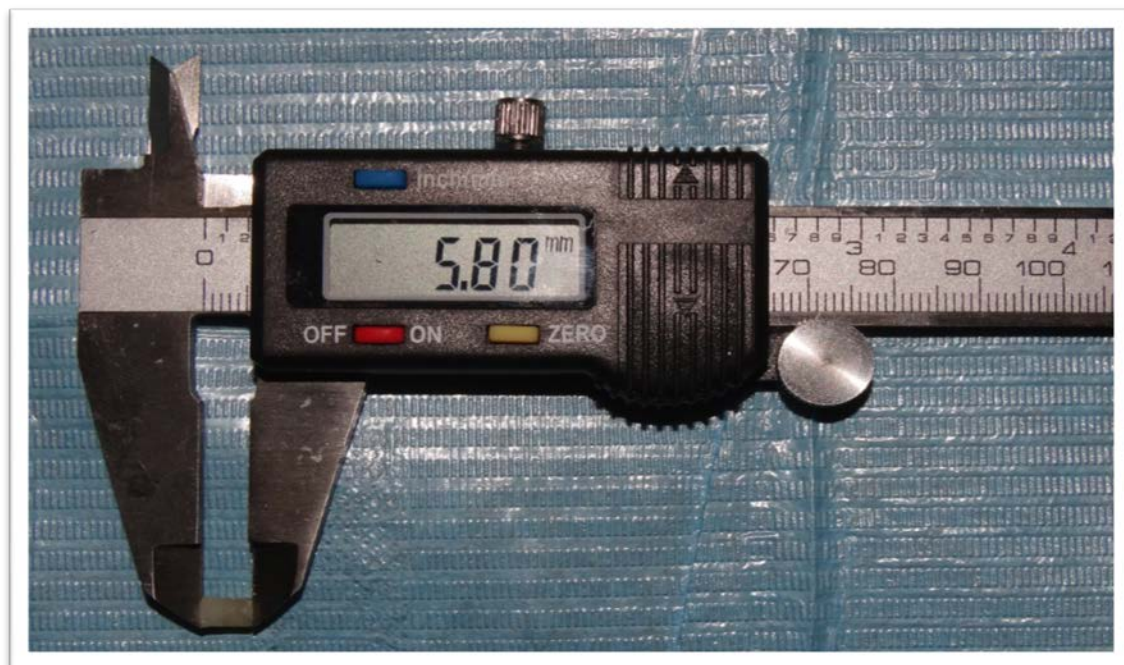
Muestra 10 Profundidad de polimerización 3.33

FOTOGRAFIA N° 27



Muestra 11 Profundidad de polimerización 3.06

FOTOGRAFIA N° 28



Muestra 12 Profundidad de polimerización 2.9

ANEXO N° 5

MEDICIONES DE LA MUESTRA CON MICRÓMETRO DE 0.01 DE PRECISIÓN. RESINA A 4MM DE DISTANCIA DE FOTOACTIVACIÓN

FOTOGRAFIA N° 29



Muestra 1 Profundidad de polimerización 3.02

FOTOGRAFIA N° 30



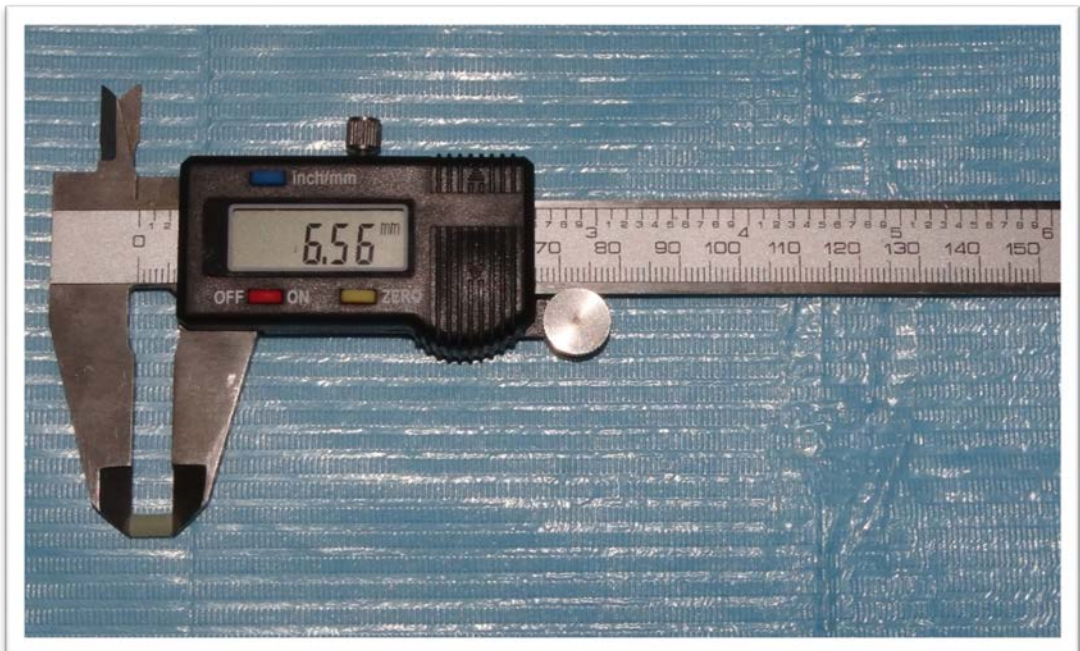
Muestra 2 Profundidad de polimerización 2.86

FOTOGRAFIA N° 31



Muestra 3 Profundidad de polimerización 2.97

FOTOGRAFIA N° 32



Muestra 4 Profundidad de polimerización 3.28

FOTOGRAFIA N° 33



Muestra 5 Profundidad de polimerización 2.82

FOTOGRAFIA N° 34



Muestra 6 Profundidad de polimerización 2.8

FOTOGRAFIA N° 35



Muestra 7 Profundidad de polimerización 2.59

FOTOGRAFIA N° 36



Muestra 8 Profundidad de polimerización 2.69

FOTOGRAFIA N° 37



Muestra 9 Profundidad de polimerización 2.58

FOTOGRAFIA N° 38



Muestra 10 Profundidad de polimerización 2.84

FOTOGRAFIA N° 39



Muestra 11 Profundidad de polimerización 2.74

FOTOGRAFIA N° 40



Muestra 12 Profundidad de polimerización 3.00

ANEXO N° 6

MEDICIONES DE LA MUESTRA CON MICRÓMETRO DE 0.01 DE
PRECISIÓN. RESINA A 8MM DE DISTANCIA DE FOTOACTIVA

FOTOGRAFIA N° 41



Muestra 1 Profundidad de polimerización 2.22

FOTOGRAFIA N° 42



Muestra 2 Profundidad de polimerización 2.43

FOTOGRAFIA N° 43



Muestra 3 Profundidad de polimerización 2.44

FOTOGRAFIA N° 44



Muestra 4 Profundidad de polimerización 2.47

FOTOGRAFIA N° 45



Muestra 5 Profundidad de polimerización 2.39

FOTOGRAFIA N° 46



Muestra 6 Profundidad de polimerización 2.28

FOTOGRAFIA N° 47



Muestra 7 Profundidad de polimerización 2.32

FOTOGRAFIA N° 48



Muestra 8 Profundidad de polimerización 2.40

FOTOGRAFIA N° 49



Muestra 9 Profundidad de polimerización 2.38

FOTOGRAFIA N° 50



Muestra 10 Profundidad de polimerización 2.34

FOTOGRAFIA N° 51



Muestra 11 Profundidad de polimerización 2.55

FOTOGRAFIA N° 52



Muestra 12 Profundidad de polimerización 2.20