



Universidad Nacional De Loja

FACULTAD DE LA SALUD HUMANA
CARRERA DE ODONTOLOGÍA

TÍTULO

“Resistencia flexural de una resina compuesta nanohíbrida sometida a técnicas de termopolimerización adicional”

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE ODONTÓLOGA

AUTORA:

Sheyla Karol Monteza Ñiguez

DIRECTORA:

Odt. Esp. Cecilia Mariana Díaz López

LOJA-ECUADOR

2018

CERTIFICACIÓN

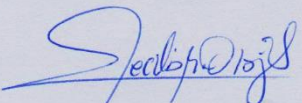
Loja 07 de Septiembre del 2018

Odt. Esp. Cecilia Mariana Díaz López.

DIRECTORA DE TESIS

CERTIFICO:

Haber dirigido, orientado y discutido, en cada una de las partes del desarrollo de la tesis titulada: “RESISTENCIA FLEXURAL DE UNA RESINA COMPUESTA NANOHÍBRIDA SOMETIDA A TÉCNICAS DE TERMOPOLIMERIZACIÓN ADICIONAL”, de autoría de la Srta. Sheyla Karol Monteza Iñiguez, la misma que cumple a satisfacción los requisitos de fondo y forma, exigidos en el reglamento del Régimen Académico, de la Universidad Nacional de Loja, certificando su autenticidad; por tal motivo autorizo su presentación, sustentación y defensa ante el tribunal designado para el efecto.



Odt. Esp. Cecilia Díaz López.

DIRECTORA DE TESIS

C.I. 1103868095

AUTORÍA

Yo, Sheyla Karol Monteza Iñiguez declaro que la información, investigación, opiniones, criterios, conclusiones y análisis vertidos en la presente investigación son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el repositorio Institucional – Biblioteca Virtual.

Autora: Sheyla Karol Monteza Iñiguez

Firma:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Sheyla Monteza Iñiguez', is displayed within a light gray rectangular box.

Cédula: 1104695307

Fecha: Loja, 07 de Septiembre de 2018

CARTA DE AUTORIZACIÓN

Yo, Sheyla Karol Monteza Ñeguez, declaro ser autora de la tesis titulada “RESISTENCIA FLEXURAL DE UNA RESINA COMPUESTA NANOHÍBRIDA SOMETIDA A TÉCNICAS DE TERMOPOLIMERIZACIÓN ADICIONAL”, como requisito para optar al título de Odontóloga; autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja no se responsabiliza por la copia o plagio de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los siete días del mes de Septiembre del dos mil dieciocho, firma el autor.

Firma:



Autora: Sheyla Karol Monteza Ñeguez.

Cédula: 1104695307

Dirección: Loja

Correo Electrónico: karolmi94@gmail.com

Teléfono: 07-271-3425

Celular: 0982757648

DATOS COMPLEMENTARIOS

Directora de Tesis: Odt. Esp. Cecilia Mariana Díaz López.

Tribunal de Grado: Dra. Darlen Diaz Pérez.

Biol. María Ximena Córdova Rodríguez.

Odt. Esp. Gabriela María Valladares Sotomayor.

DEDICATORIA

A mis padres, Marco Antonio y Mayra Iñiguez quienes han sido mi soporte durante toda mi vida, brindando su amor, apoyo y dedicación, para que lograra cumplir mis metas, a mis abuelos, fuente de sabiduría, perseverancia y mi ejemplo a seguir siempre.

Este logro no sería lo mismo sin ustedes, gracias totales.

AGRADECIMIENTO

Además de mi gratitud, expreso mi reconocimiento a mis queridos padres Marco y Mayra, a mis abuelos Martha, Luis, Diego y Blanca, a mis hermanos Kelvin, Inesita y Valentina y a toda mi familia por su infinito apoyo, cariño y momentos compartidos a lo largo de mi vida personal y estudiantil, por verme surgir y forjarme como profesional.

A mis maestros por su tiempo, apoyo y sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional en especial a la Dra. Cecilia Diaz por su valiosa asesoría y contribución dedicada para la culminación de este trabajo de investigación.

A Jefferson, por su constante cariño, apoyo y motivación invaluable para la culminación de este trabajo.

A Katty, Thalya, Tatiana y Pablo por su amistad, momentos y ayuda a lo largo de estos años.

Al laboratorio GEOCONS y todo el personal profesional que lo conforma, por haber brindado su confianza y conocimientos permitiendo dar buen uso a los diferentes equipos necesarios para realizar el presente estudio.

ÍNDICE

CARÁTULA	i
CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORÍA	iii
CARTA DE AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
1. TÍTULO.....	1
2. RESUMEN.....	2
2.1. SUMMARY	3
3. INTRODUCCIÓN.....	4
4. REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	7
CAPÍTULO I. Resinas Compuestas Nanohíbrida.....	7
a. Reseña histórica resina compuesta.....	7
b. Composición resina compuesta.....	9
c. Clasificación de las resinas compuesta.....	12
1. Resinas de macrorelleno o convencionales:.....	13
2. Resinas de microrelleno:.....	14
3. Resinas híbridas:.....	15
4. Resinas microhíbridas:.....	16
5. Resinas de nanotecnología.....	17
d. Propiedades mecánicas de la resina compuesta.....	20
CAPÍTULO II. Restauraciones Indirectas Elaboradas Con Resina Compuesta.....	30
a. Antecedentes.....	30
b. Restauraciones indirectas elaboradas con resina compuesta.....	31
CAPÍTULO III. Polimerización Complementaria.....	35
a. Antecedentes.....	365
b. Principios de la fotopolimerización.....	36
c. Factores que influyen en el grado de fotopolimerización.....	36
d. Fases de fotopolimerización.....	38
e. Unidades de fotopolimerización.....	39
f. Termopolimerización adicional de los sistemas indirectos de resina compuesta.....	41
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	44
5.1 Tipo y diseño del estudio.....	44
5.2 Universo y muestra.....	44
5.3 Criterios de inclusión.....	44
5.4 Criterios de exclusión.....	44
5.5 Materiales y equipos.....	45
5.6 Metodología.....	46
6. RESULTADOS.....	49
7. DISCUSIÓN.....	55
8. CONCLUSIONES.....	58
9. RECOMENDACIONES.....	59
11. ANEXOS.....	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tipos de resina compuesta y sus partículas de rellano principales	11
Tabla 2 mínima resistencia flexural.....	28
Tabla 3: Resultados de la prueba flexural	49
Tabla 4: Pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk.....	50
Tabla 5: Estadística descriptiva	51
Tabla 6: Valor promedio de cada grupo	52
Tabla 7: Valores mínimos y máximos de resistencia flexural en cada grupo.	53
Tabla 8: Valores más frecuentes de resistencia flexural en cada grupo	54

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Media de la prueba de resistencia flexural.	52
Gráfico 2: valores mínimos y máximos de la prueba de resistencia flexural.	53
Gráfico 3: Moda de la prueba de resistencia flexural.	54

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Matriz metálica utilizada para elaborar bloques de resina.....	64
Anexo 2. Introducción de la resina compuesta dentro de la matriz metálica	64
Anexo 3. Fotopolimerización de los bloques de resina de manera estandarizada.....	64
Anexo 4 Calibración de bloques de resina, de acuerdo a la norma ISO 4049.....	64
Anexo 5 Termopolimerización GE1 en agua a 60°C durante 60 min..	65
Anexo 6 Termopolimerización del GE2 a 120°C en calor seco durante 10min.	65
Anexo 7 Almacenamiento de las muestras según su grupo de estudio..	65
Anexo 8 máquina de ensayos Universal – MARSHALL PS2.	66
Anexo 9 Bloques de resina colocados para aplicar el ensayo de flexión de tres puntos.	66
Anexo 10 Registro de datos obtenidos del medidor digital.....	66
Anexo 11: Aplicación del ensayo de resistencia flexural	67
Anexo 12: Informes de resultados del laboratorio GEOCONS.....	68
Anexo 13: Cronograma para las pruebas de flexión del laboratorio GEOCONS	72
Anexo 14: Preproyecto de tesis.	73
Anexo 15: Certificado de traducción.....	86
Anexo 16 Certificación del laboratorio <i>GEOCONS</i>	87

TÍTULO

“Resistencia flexural de una resina compuesta nanohíbrida sometida a técnicas de termopolimerización adicional”

2. Resumen

En la actualidad la resina compuesta es el material indicado para restauraciones directas con compromiso estético. Sin embargo, cuando se presentan situaciones clínicas con pérdidas importantes de estructuras dentarias, se recurre a técnicas de restauración indirectas. Es por ello que el objetivo de la presente investigación fue determinar la resistencia flexural de una resina compuesta nanohíbrida sometida a técnicas de termopolimerización adicional. Para lo cual, se realizó un estudio *in-vitro*, en el que se elaboraron 60 bloques de resina compuesta nanohíbrida (Tetric® N-Ceram Bulk Fill); 20 del *grupo control*, 20 del *GE1* (Agua=60°/60min) y 20 del *GE2* (calor seco=120°/20min); elaborados de acuerdo a la norma ISO 4049, que establece las siguientes medidas: 25mm de largo, 2mm de ancho y 2mm de alto; los mismos que fueron sometidos a una prueba de flexión de 3 puntos empleando una máquina de Ensayos Universal (MARSHALL PS25), a una velocidad de 1.7mm/min hasta conseguir medir la resistencia a la flexión antes de producirse la fractura del material. Con los resultados de laboratorio se realizó el análisis estadístico con la prueba T-Student, obteniendo los siguientes resultados: la resistencia a la flexión del *GC* fue de 111,19035 Mpa, el del *GE1* de 105,30630 Mpa y del *GE2* de 115,61820 Mpa. Concluyendo de esta manera que todos los grupos superan el valor mínimo de resistencia a la flexión establecido por la norma ISO 4049, que es de 80 Mpa; sin embargo, cabe destacar que la termopolimerización adicional con calor seco es la técnica que mejoró esta propiedad.

Palabras clave: propiedades mecánicas, Bulk Fill, polimerización complementaria.

2.1. Summary

Currently composite resin is the material indicated for direct restorations with aesthetic commitment. However, when clinical situations occur with significant loss of dental structures, indirect restoration techniques are used. That is why the objective of the present investigation was to determine the flexural strength of a nanohybrid composite resin subjected to additional thermopolymerization techniques. To this end, an *in-vitro* study was carried out in which 60 blocks of nanohybrid composite resin (Tetric® N-Ceram Bulk Fill) were made; 20 of the control group, 20 of the GE1 (Water = 60° / 60min) and 20 of the GE2 (dry heat = 120° / 20min); made according to ISO 4049, which establishes the following measures: 25mm long, 2mm wide and 2mm high; the same ones that were subjected to a 3-point bending test using a Universal Test machine (MARSHALL PS25), at a speed of 1.7mm / min until the flexural strength was measured before the fracture of the material occurred. With the results of the laboratory, the statistical analysis was performed with the T-Student test, obtaining the following results: the resistance to flexion of the GC was 111.19035 Mpa, that of the GE1 of 105.30630 Mpa and the GE2 of 115, 61820 Mpa. Concluding in this way that all groups exceed the minimum value of resistance to bending established by ISO 4049, which is 80 Mpa; however, it should be noted that the additional thermopolymerization with dry heat is the technique that improved this property.

Keywords: mechanical properties, Bulk Fill, complementary polymerization.

3. Introducción

Las resinas compuestas introducidas por Bowen en los sesenta dentro del campo de la odontología conservadora minimizaron los defectos de las resinas acrílicas que hacia los años 40 habían reemplazado a los cementos de silicato, hasta entonces los únicos materiales estéticos disponibles. Estos materiales han tenido constantes evoluciones tanto en la composición de la matriz orgánica como en el tamaño y composición de sus partículas de carga. (Cruz *et al.*, 2014) (García *et al.*, 2006)

En la actualidad el material más indicado para restauraciones directas con compromiso estético es la resina compuesta. Sin embargo, cuando se presentan situaciones clínicas con pérdidas importantes de estructuras dentaria por caries, fractura de paredes y/o cúspides o por desgaste de la superficie oclusal, la aplicación de resinas compuestas por métodos directos se ven sobreexigidas, como también la atención del operador. Para resolver estas situaciones se recurre a técnicas de restauración indirectas, que permiten lograr mejores contactos positivos interproximales, menos contracción de polimerización, y un mejor sellado marginal debido al proceso de polimerización que tiene lugar en un entorno de laboratorio. (Barrancos Mooney, Julio; Barrancos, 2006)(Ehrmantraut Nogales, Terrazas Soto, & Leiva Buchi, 2011)

Así mismo cabe destacar que ante el uso de resina compuesta como material de restauración indirecta existen materiales cerámicos con mayor estabilidad y rigidez, utilizados exclusivamente para este tipo de restauraciones indirectas, los mismos que cuentan con una alta resistencia y estética; no obstante el desarrollo de los sistemas de cementación adhesiva y el aumento de las exigencias de tratamientos estéticos, incrementan el uso de resinas compuestas microhíbridas y nanohíbridas que, por sus propiedades físicas y mecánicas, gran estabilidad del color y afinidad por el principio de preservación de las estructuras dentales remanentes, le confieren mayor aceptación en la elaboración de incrustaciones (inlay, onlay y overlay) y carillas, convirtiéndola además en una alternativa de bajo costo que ofrece restauraciones estéticas y funcionales de alto rendimiento.(González, Caballero, & Silva, 2012)

Para potenciar las propiedades de las resinas compuestas como material indirecto y contrarrestar algunos de los problemas que este material trae consigo al momento de elaborar este tipo de restauraciones, como por ejemplo, contracción de polimerización (en

menor cantidad que en una restauración directa), fractura de los márgenes de la restauración, cambios de coloración, fractura completa de la restauración indirecta, entre otros, se ha propuesto someter las resinas compuestas a procesos de termopolimerización, haciendo de este material uno mucho más competitivo y efectivo en relación a la cantidad de materiales disponibles, fabricados con el fin específico de realizar restauraciones indirectas. (González *et al.*, 2012)

Entre las ventajas que la termopolimerización provee a las resinas compuestas encontramos que mejora las propiedades físicas, químicas, biológicas y mecánicas; ayudando a formar un mayor número de enlaces cruzados de la matriz orgánica, provocando la evaporación de cerca del 1,3% de la porción orgánica de la matriz y la disminución de la liberación de monómeros libres, resultando en mayor biocompatibilidad, pues los monómeros libres son sustancias tóxicas para los tejidos vivos. (Arossi, Ogliari, & Samuel, 2007)

Además mejora las propiedades ópticas, concede mayor rigidez, reduce el grado de contracción a la polimerización, disminuyendo así la fractura de los bordes de las restauraciones indirectas con su posterior desadaptación y concediendo prolongar el tiempo de vida de estas restauraciones indirectas realizadas con la resina compuesta; conjuntamente brinda mayor resistencia flexural, factor que se analizara en este estudio, entendiendo a esta propiedad como una medida colectiva de fuerzas de tracción, compresión y cizallamiento, fuerzas que constantemente tendrán que soportar las restauraciones directas e indirectas en boca. (Nocchi Conceição, 2008)(Cruz *et al.*, 2014) (Hirata, 2014)

No cabe duda que la termopolimerización causa un efecto muy positivo en las resinas compuestas, sin embargo, el tiempo establecido para aplicar este proceso debe ser cuidadosamente llevado pues, estudios demuestran que periodos mayores a una hora en lugar de generar mejores propiedades mecánicas, pueden causar decoloraciones en la resina y no se recomiendan. (Cruz *et al.*, 2014). De igual manera el tiempo estará ligado al procedimiento que se aplique y la temperatura que se utilice en el curado adicional mediante tratamiento térmico, sin embargo, estos últimos aspectos aún no se han consolidado por lo cual se requiere mayor investigación, para poder establecer un

mecanismo efectivo de termopolimerización y las maneras en que estos cambios afectarían entre otras propiedades la resistencia flexural de las resinas compuestas nanohíbridas.

En base a lo expuesto, el presente proyecto de investigación tuvo como objetivo general: Determinar la resistencia flexural de una resina compuesta nanohíbrida sometida a dos técnicas de termopolimerización adicional.

Específicamente planteo: establecer la resistencia flexural de la resina compuesta nanohíbrida (TETRIC® N-CERAM BULK FILL, Ivoclar Vivadent) utilizada en restauraciones indirectas sin someter a cambios de temperatura; evidenciar la resistencia flexural de la resina compuesta nanohíbrida (TETRIC® N-CERAM BULK FILL, Ivoclar Vivadent) utilizada en restauraciones indirectas sometida a 60°C en agua por 60 minutos; determinar la resistencia flexural de la resina compuesta nanohíbrida (TETRIC® N-CERAM BULK FILL, Ivoclar Vivadent) utilizada en restauraciones indirectas sometida a 120°C de temperatura en calor seco por 10 minutos y finalmente comparar que técnica de termopolimerización adicional logró resultados más significativos en la resistencia flexural de la resina compuesta.

Por último, todo se concretó con la hipótesis que las resinas compuestas nanohíbridas utilizadas en restauraciones indirectas al ser sometidas a técnicas de termopolimerización adicional mejoran la resistencia flexural.

4. Revisión de la literatura

CAPÍTULO I. RESINAS COMPUESTAS NANOHÍBRIDA

a. Reseña histórica resina compuesta

La historia asociada al desarrollo de las resinas compuestas tuvo sus inicios durante principio del siglo XX. Para ese entonces se utilizaban silicatos como material de restauración estética, por su similitud con el color dental. Estos materiales tenían grandes desventajas siendo la principal, el desgaste que sufrían al poco tiempo de ser colocados por lo que se buscó mejores opciones restauradoras y a finales de los años 40, fueron las resinas acrílicas de polimetilmetacrilato las que reemplazaron a los silicatos. (Rodríguez , Douglas R; Pereira, 2008)

Estas resinas tenían un color parecido al de los dientes, eran insolubles a los fluidos orales, fáciles de manipular y tenían bajo costo, lamentablemente, las resinas acrílicas presentaban baja resistencia al desgaste, contracción de polimerización elevada y en consecuencia mucha filtración marginal. (Huayhua Revolledo, 2013)

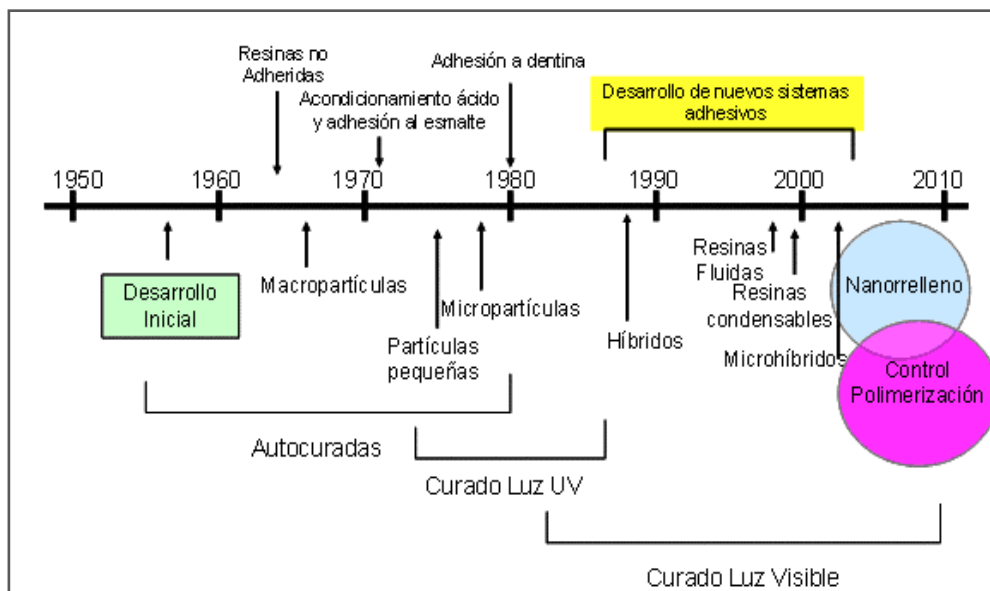


Figura 1.- Cronología del desarrollo de las resinas compuestas de acuerdo a las partículas, sistema de polimerización y tecnología adhesiva disponible
Fuente: Rodríguez & Pereira 2008

Las resinas compuestas se han introducido en el campo de la odontología conservadora para minimizar los defectos de las resinas acrílicas que hacia los años 40 habían reemplazado a los cementos de silicato, hasta entonces los únicos materiales estéticos disponibles. En 1955 Buonocore utilizó el ácido ortofosfórico para incrementar la adhesión de las resinas acrílicas en la superficie adamantina. (García *et al.*, 2006)

En 1962 se registra la patente de la resina compuesta, sintetizada por el Dr. Ralph Bowen quien desarrolló el monómero del Bis-GMA, tratando de mejorar las propiedades físicas de las resinas acrílicas, cuyos monómeros permitían solamente la formación de polímeros de cadenas lineales. Bowen reforzó un polímero con partículas inorgánicas y le proporcionó a este material de restauración tres importantes mejorías en lo referente a: resistencia al desgaste, estética y un grado de conversión monómero/polímero. (Lanata, 2008)

Estos primeros composites de curado químico exigían mezclar la pasta base con el catalizador con los consiguientes problemas derivados de la proporción y estabilidad de color. A partir de 1970 aparecieron los materiales compuestos polimerizados mediante luz ultravioleta (365 nm), pero ante sus efectos iatrogénicos y su poca profundidad de polimerización, fue sustituida por la luz azul visible de las lámparas de luz halógena y más tarde llegarían al mercado las lámparas LED (427-491 nm), actualmente en uso y desarrollo. (García *et al.*, 2006)

Este diseño de Bowen se mantuvo a lo largo de los años. Los cambios en la parte orgánica fueron relativamente pequeños, como la incorporación de moléculas de menor viscosidad (UDMA) que disminuyen la contracción de polimerización. Las mayores variaciones se realizaron en la parte inorgánica. Donde de un tamaño original, que oscilaba

entre 20 y 50 μm , se pasó a los rellenos en la escala nanométrica ($1\text{nm} = 0,001 \mu\text{m}$) que se emplean en la actualidad. (Lanata, 2008)

b. Composición resina compuesta

Las propiedades físicas, mecánicas, estéticas y el comportamiento clínico dependen de la estructura del material. Su composición presenta una estructura básica formada por una matriz orgánica (monómero), una matriz inorgánica (carga) y un agente de unión o acople (silano) (Reis & Dourado Loguércio, 2012).

Otros aditivos se incluyen en la formulación para facilitar la polimerización, ajustar la viscosidad y mejorar la opacidad radiográfica, entre estos elementos tenemos los sistemas activadores, pigmentos e inhibidores de la polimerización. (Skinner, Eugene W; Phillips, 2004)

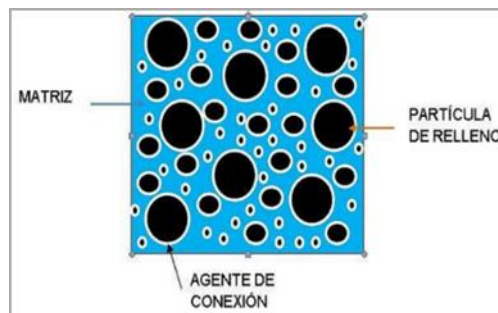


Figura 2.- Componentes fundamentales de las resinas compuestas.
Fuente: Rodríguez & Pereira, 2008

Matriz orgánica o fase orgánica: la matriz orgánica está constituida por: monómeros, sistema iniciador/activador, inhibidores y modificadores de color (Reis & Dourado, 2012) citado por (Malucín, 2016)

- **Monómeros:** la mayoría están constituidas por monómeros de dimetacrilatos alifáticos y/o aromáticos, como el Bisfenol-A-Glicidil Metacrilato (Bis-GMA) y UDMA (uretano dimetil metracrilato). Comparado con el metilmetacrilato, el Bis-

GMA tiene su peso molecular cinco veces mayor, lo que implica que su contracción durante la polimerización es mucho menor, además presenta menor volatilidad y menor difusividad en los tejidos. (Sharon & Zambrano, 2013)

Estos monómeros tienen un alto peso molecular, aumentando su viscosidad, por tal razón se añaden diluyentes a base de dimetacrilatos, logrando que el material se vuelva más manejable para el profesional. Como diluyentes tenemos al TEGDMA (dimetacrilato de trienglicol) y el EDMA (dimetacrilato de etileno) (Malucín, 2016)

- **Sistema Iniciador-Activador de Polimerización**, en este componente encontramos que, según el proceso de polimerización de los monómeros en las resinas compuestas se puede lograr su activación de varias formas. En cualquiera de éstas, es necesaria la acción de los radicales libres para iniciar la reacción. Para que estos radicales libres se generen es necesario un estímulo externo. (Rodríguez, Douglas R; Pereira, 2008)

Como nos explica Portela, en las resinas compuestas fotopolimerizables encontraremos generalmente las moléculas canforoquinona y otras diaquetonas, que son excitadas por una luz visible, con una largura de onda que va de entre 420 y 450 nanómetros, dando inicio al proceso de polimerización (Nocchi Conceição, 2008). Estas moléculas fotoiniciadoras representan el 0.5% de la composición del material (Malucín, 2016).

- **Inhibidores**. Hirata (2014) explica que los inhibidores se añaden para impedir la libre polimerización, estos neutralizan los radicales libres mediante su reacción con ellos antes de que los monómeros puedan intervenir permitiendo así controlar los tiempos del tratamiento e impedir la polimerización prematura, interrumpiendo la reacción en cadena. (Malucín, 2016)

Los inhibidores se encuentran en una cantidad de 0.01% de peso (Reis & Dourado Loguercio, 2012), entre los más utilizados tenemos: hidroxitolueno butílico (HTB) que tiene mayor estabilidad de color, las hidroquinonas y oxígeno.

Matriz inorgánica, material de relleno, fase dispersa o partículas de relleno: su presencia en las resinas compuestas representa del 50-84% en peso molecular y son fundamentales en esta estructura, debido a que proporcionan estabilidad dimensional a la matriz resinosa y mejoran sus propiedades físicas y mecánicas, siempre y cuando estén bien unidas a la matriz orgánica, caso contrario en lugar de funcionar como refuerzo las partículas de relleno debilitarían a las resinas compuestas. (Skinner, Eugene W; Phillips, 2004)

La adición de estas partículas a la matriz orgánica reduce la contracción de polimerización (entre el 1,5 y el 4% en las 2 horas posteriores al polimerizado), disminuye la sorción acuosa y el coeficiente de variación dimensional térmico, proporcionando un aumento de la resistencia a la tracción, a la compresión y a la abrasión, aumentando el módulo de elasticidad (rigidez), la viscosidad y la radiopacidad. (Guzmán, Henao, Hernández, Rivera, & Saavedra, 2013)

Tabla 1: Tipos de resina compuesta y sus partículas de relleno principales

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

Fuente: Rodríguez & Pereira

La tendencia actual es la disminución del tamaño de las partículas cerámicas, haciendo que la distribución sea lo más cercana posible, en torno a 0.05 µm, como las partículas de sílice, obtenidas a través de procesos pirolíticos (temperaturas elevadas, superior a 1000°C)

y de precipitación (sílica coloidal) (Barrancos Mooney, Julio; Barrancos, 2006) (Chain & Baratieri, 2001, p.13).

Agente de conexión o de acoplamiento: Bowen demostró que las propiedades óptimas del material dependían de la unión fuerte entre la fase inorgánica y orgánica. Esta unión se logra recubriendo las partículas de relleno con un agente de acoplamiento que tiene características de relleno y de matriz orgánica. (Rodríguez , Douglas R; Pereira, 2008)

El agente responsable de esta unión es generalmente el silano, una molécula bifuncional y anfóteras, que producen una unión química de partículas orgánicas a la matriz inorgánica mediante los grupos silanos (Si-OH) que tienen en un extremo y grupos metacrilatos (C=C) en el otro. (Guzmán *et al.*, 2013)

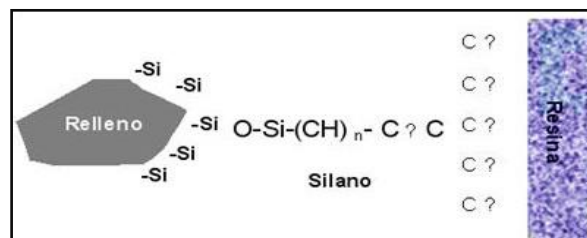


Figura 3.- Silano: molécula bipolar, los grupos silanoides se unirán al silano de las partículas de relleno y el grupo metacrílico formará una unión covalente con la matriz orgánica de la resina
Fuente: Rodríguez & Pereira, 2008

c. Clasificación de las resinas compuesta de acuerdo al tamaño de sus partículas.

De la Torre Maldonado (2016) explica que, los avances en la tecnología no han variado mucho la estructura básica de las resinas compuestas, realizando algunos cambios con diferentes tipos de matriz orgánica, sin embargo, en la parte inorgánica es donde más ha existido avances, llegando a niveles inimaginables en lo que se refiere al tamaño de las partículas.

A lo largo de los años las resinas compuestas se han clasificado de distintas formas con el fin de facilitar al clínico su identificación y posterior uso terapéutico. Una clasificación aún válida 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 0,04 mm) y resinas híbridas (con rellenos de diferentes tamaños). (Sharon & Zambrano, 2013)

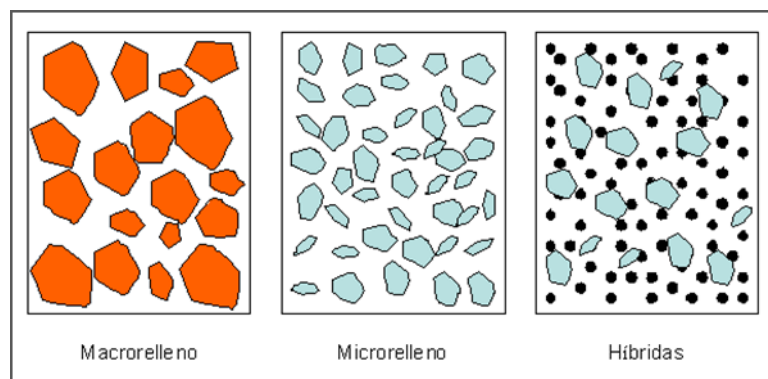


Figura 4.- Clasificación de las resinas Lutz y Phillips (1983)

Fuente: Rodríguez & Pereira (2008)

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

1. Resinas de macrorelleno o convencionales:

Hirata (2014) refiere que las resinas macrorelleno surgen en la década de los setenta. En su composición tenían partículas de sílice amorfa o cuarzo con un grosor de entre 8 y 12 μm , pero con ejemplares de hasta 50 μm que ocupaban entre 60 y 70% de su volumen. Este tipo de resinas fue muy utilizado, sin embargo, sus desventajas justifican su desuso.

Entre sus desventajas encontramos que la unión entre la matriz y las macropartículas es débil, propensa a la hidrólisis. Además, estas resinas presentan poca resistencia al desgaste, especialmente en contactos oclusales fuertes. este

desgaste puede ser por pérdida de resistencia, adhesión, abrasión y desintegración química o corrosión. (Cova Natera, 2010)

De la Torre Maldonado (2016) consideraba que, además de presentar un pésimo resultado al pulido, también con el pasar el tiempo el desgaste de la matriz dejaba expuesto los cristales del relleno provocando así que la superficie se torne rugosa y retentiva favoreciendo la pigmentación en la restauración.

Los rellenos más utilizados en este tipo de resinas fueron el cuarzo y el vidrio de estroncio o bario. 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 bario son radiopacos, pero desafortunadamente son menos estables que el cuarzo. (Rodríguez , Douglas R; Pereira, 2008)

Como ejemplos de estos composites tenemos Adaptic (Johnson and Johnson), Simulate (Kerr-Sybron), Concise (3M), Profile (SS White), Nuva-fil (LD Caulk) y Command (Kerr-Sybron) (Mella, 2006)

2. Resinas de microrelleno:

Estas 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 pulimento y brillo superficial, confiriendo alta estética a la restauración. 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. (Hirata, 2014)

Ejemplos de este tipo de composites son : Silar, Silux Plus (3M), Visio Dispers (Espe), Filtek A110 (3M Espe), Estic-Microfil (Wright Dental), Superfil (Harry Bosworth), Phaseafil (Phasealloy), Micro-New (Bisco), Durafill (Kuzler), Certain (Johnson and Johnson), Rembrant (Dent Mat Inc), Heliosit, Helioprogress y Heliomolar (Ivoclar Vivadent) (Mella, 2006).

3. Resinas híbridas:

Corresponden a la gran mayoría de los materiales compuestos actualmente aplicados al campo de la Odontología. Se denominan así por estar reforzados por una fase inorgánica de vidrios de diferente composición y tamaño en un porcentaje en peso de 70% o más. (Hirata, 2014)

La tecnología de los híbridos se basa en la presencia de una doble fase dispersa, constituida por micropartículas cerámico-vítreas y por los macrorrellenos, aun cuando sean de grandes dimensiones (en una parte máxima comprendida entre 10 y 50 μm), así como por partículas constituidas por sílice pirogénico típico de los microrrellenos (dimensiones aproximadas de 0,04-0,06 μm). (De la Torre Maldonado, 2016)

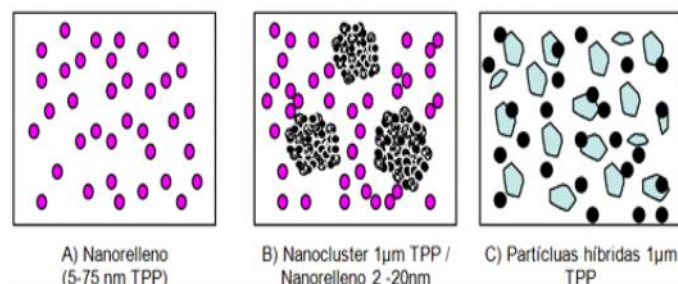


Figura 5.- Esquema del nanorrelleno. TPP: tamaño promedio de las partículas
Fuente: Rodríguez & Pereira, 2008

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. (Sharon & Zambrano, 2013)

Ejemplos de estos composites son: P10, P30 y P50 (3M), Miradapt (Johnson and Johnson), Bis-fil (Bisco) y Estilux Posterior (Kulzer). (Mella, 2006)

4. Resinas microhíbridas:

El relleno inorgánico de estas resinas está compuesto por partículas de sílice coloidal (entre 10 y 20% en peso) y vidrios, el tamaño promedio de las partículas de relleno oscila entre 0,4 y 1,0 μm totalizando un contenido de entre 75 y 80% del peso del composite.” (Hirata, 2014)

Según Cova Natera (2010), este tipo de resina sirve para realizar restauraciones estéticas anteriores y también restauraciones en el sector posterior, debido a las ventajas que se describen como: alta resistencia al desgaste, mejores características de pulido y mayor rango de colores aunque el combinar los dos tipos de partículas (macropartículas y micropartículas) también conlleva desventajas de las dos partes como: más contracción de polimerización, menor resistencia al desgaste y menor lustre que las de microrrelleno.

Ejemplos de estos materiales son Vitalescence (Ultradent), Esthet-X (Dentsply), Point 4 (Kerr), Miris (Coltene), Charisma (Heraeus Kulzar), Filtek z250 (3M ESPE) y Tetric Ceram (Ivoclar Vivadent). (Mella, 2006)

5. Resinas de nanotecnología

La nanotecnología también conocida como ingeniería molecular, se han introducido recientemente en el campo de la odontología restauradora, presentados comercialmente como nanocomposites y composites nanohíbrido. (Millingalli Vega, 2016)

Estas partículas de relleno que se emplean en los composites de nanorelleno poseen entre 0,04-0.1 μ m, tomando en cuenta que un nanómetro equivale a la millonésima parte de un milímetro. (Reis & Dourado Loguercio, 2012)

El relleno es aproximadamente de 75 a 85% en peso (60% en volumen). El proceso de silanización también ha sido mejorado dándole así un mejor enlace entre el relleno y la matriz (Re, Ceruti, Mangani, & Putignano, 2009)

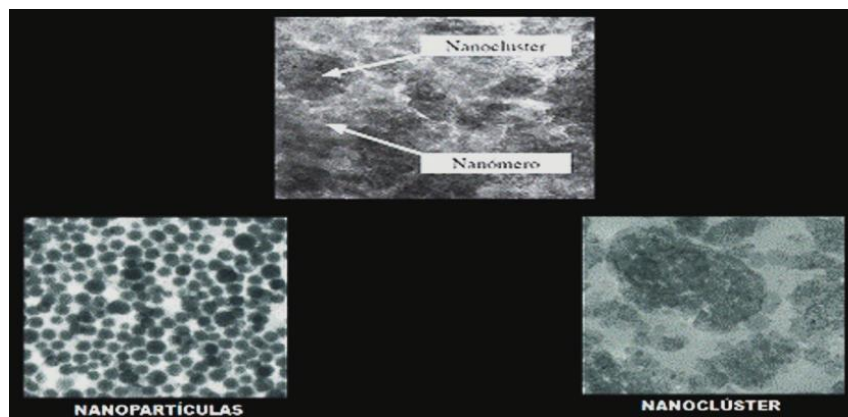


Figura 6.- Microscopías electrónicas de barrido muestra composición de las resinas de nanorelleno y un nanoclúster con su típica apariencia de racimo de uvas
Fuente: Sánchez K. 2010

Las partículas de las resinas de nanorelleno al ser tan diminutas tienden a aglomerarse y formar partículas más grandes, "nanoclusters" y al hacerlo no se comportan como nanopartículas, por lo tanto, no pueden ser aprovechadas sus ventajas, debido a que sus superficies se vuelven más extensas y con mayor energía

superficial, para esto se les da un tratamiento superficial con silanos evitando así la aglomeración. (Donoso Lizana, 2008)

El uso de la nanotecnología en las resinas compuestas tiene como objetivo mejorar las propiedades mecánicas y estéticas como, mayor translucidez, pulido superior por lo tanto mejor lisura superficial, similar a las resinas de microrelleno, pero, manteniendo las propiedades físicas y la resistencia al desgaste equivalente a las resinas híbridas. Por estas razones, tienen aplicaciones tanto en el sector anterior como en el posterior (Rodríguez , Douglas R; Pereira, 2008).

Además, al tener más componente cerámico y disminuir la cantidad de resina en la forma del composite obtenemos como resultado menor contracción de polimerización volumétrica (CPV). (Donoso Lizana, 2008)

Ejemplos de estos composites son: Filtek Supreme, Filtek Z350 (3M ESPE), Tetric EvoCeram (Ivoclar), Grandio (Voco) e Ice (SDI Australia). (Mella, 2006)

5.1. Resinas nanohíbridas: Este tipo de resinas compuestas ha generado mucha confusión al tratar de clasificarlas y describir sus características clínicas, pues difieren francamente de las resinas de nanorelleno. El termino nanohíbridas hace referencia a las resinas compuestas que incorporan nanopartículas dentro de un material microhíbrido. En esencia, todo híbrido que contiene sílice pirogénico de $0.04\mu\text{m} = 40$ nanómetros pueden denominarse "nanohíbrido" (Huayhua Revolledo, 2013)

Así que, estos tipos de resinas ciertamente poseen partículas nanométricas en su composición inorgánica que oscila entre 20 a 60nm, pero a diferencia de las de nanorelleno no poseen un nanoclúster que esté formado por nanopartículas a

manera de un racimo, en reemplazo de este tienen un microrelleno promedio de 0.7 micrones. Estas partículas actuarán como soporte para las nanométricas y otorgan viscosidad al material, regulan la consistencia, dan el color y la radiopacidad. (Augusto & Tarazona, 2016)

En Mella (2006) encontramos las indicaciones de las resinas compuestas de nanotecnología, ya sean de nanorrelleno o nanohíbridas, son las siguientes:

- Restauraciones directas anteriores y posteriores clases I, II, III, IV, V
- Reconstrucción de muñones
- Ferulizaciones
- Restauraciones indirectas incluyendo inlays, onlays y carillas

Según algunos autores (Millingalli Vega, 2016) (Freedman, 2015), este tipo de resinas presentan algunas contraindicaciones y desventajas, como son:

- Imposibilidad de conseguir un entorno de trabajo suficientemente seco
- Alergia a componentes de composites y adhesivos.
- Por ser tan reducidas en tamaño no reflejan la luz, perdiendo sus propiedades ópticas de color y opacidad.
- Las nanopartículas no se comportan como sólidos sino como líquidos.
- Al ser transparentes y comportarse como líquidos, no podrían ser utilizadas como material de relleno, por ello se acompañan con partículas más grandes entre 0.7 micrones, que actúan como soporte, dan viscosidad al material, color, opacidad y radiopacidad necesarias.

Ejemplos de estos composites son:

- Filtek Z350 (3M-Espe) presentación de 8 matices para el mercado latinoamericano

- TPH3 (Dentsply) disponible en A1, A2, A3, A3,5, A4, B1, B2, B3 C1, C2 , C3, C4 y D3 .
- Tetric® N-Ceram Bulk Fill (Ivoclar Vivadent), disponible con los matices: IVA para dientes ligeramente enrojecidos, IVB para dientes ligeramente amarillentos, IVW blanco para obturaciones en dientes muy claros
- Brillant NG (Coltenne) Con 4 tonos de esmalte y dentina, A1/B1, A2/B2, A3/D3, A3,5/B3.

Dentro de este tipo de resinas, recientemente se han integrado las resinas compuestas de tipo Bulk-Fill, que están indicadas para ser usadas en bloques de 4mm. (Huayhua Revolledo, 2013)

Sin embargo en un estudio (Acurio Benavente, Falcón Cabrera, & Casas Apayco, 2017) se observa que la resina de tipo Bulk Tetric® N-Ceram, fotopolimerizada con 2mm de espesor muestra mayor resistencia compresiva que aquella que se fotopolimeriza a 4mm de espesor, este factor es muy importante a tomar en cuenta pues son estas fuerzas las que actúan al momento de los movimientos funcionales de oclusión.

d. Propiedades mecánicas de la resina compuesta

Las propiedades mecánicas se definen como la ciencia física que se ocupa de la energía, las fuerzas y los efectos que provocan en los cuerpos. Por lo tanto, todas las propiedades mecánicas son medidas de la resistencia de un material a la deformación o la fractura al aplicarle una fuerza. (Skinner, Eugene W; Phillips, 2004)

Cuando se aplica una fuerza o carga específica a un cuerpo, se produce una reacción en respuesta, de la misma intensidad, pero con dirección opuesta. Esto resulta en una tensión interna que causará un efecto de acuerdo a la fuerza externa aplicada. En el entorno oral, las restauraciones están sujetas a tensiones causadas por la acción de la masticación. Estas

fuerzas actúan sobre los dientes y / o el material, produciendo diferentes reacciones que conducen a la deformación, lo que en última instancia puede comprometer su durabilidad en el tiempo. (Wang, D'Alpino, Lopes, & Pereira, 2003)

Las propiedades mecánicas se expresan generalmente en unidades de tensión y/o deformación. Que pueden estar dentro de tres medidas: 1) deformación elástica o reversible (límite proporcional, resiliencia y módulo de elasticidad); 2) deformación plástica o irreversible (cuando se excede el límite proporcional, ejemplo, porcentaje de elongación y dureza), o 3) una combinación de deformación elástica y plástica, como la tenacidad y el límite elástico convencional. (Skinner, Eugene W; Phillips, 2004)

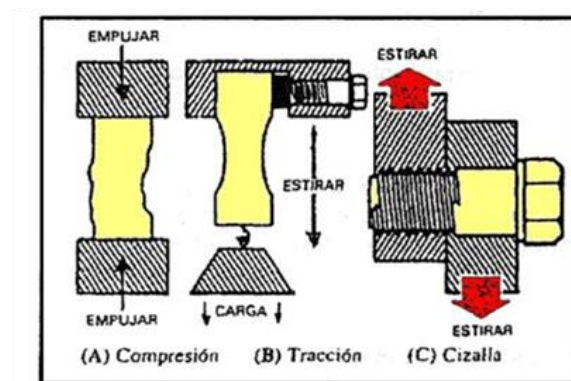


Figura 7.- Propiedades físico-mecánicas de un de un material.
Fuente: Internet

La relación tensión-deformación de un material es relevante para determinar su comportamiento mecánico y se explica mediante la curva de tensión-deformación que tienen todos los materiales. Esta curva representa la resistencia de un material, mediante la deformación elástica y plástica. Por lo que, si hay un alivio de tensión durante la carga y no se produce deformación permanente, estaremos frente a una deformación elástica o reversible, este fenómeno ocurre hasta un punto límite de tensión máxima, que se define como límite proporcional, por lo tanto, se concluye que en ese momento existe un equilibrio proporcional constante entre la tensión-deformación del material, definido como

el módulo de elasticidad o el módulo de Young, que indica la cantidad de energía requerida para deformar el material a su límite proporcional.(Macchi, 2007)

Sin embargo, cuando la carga aplicada excede este punto, se produce una deformación irreversible, denominada deformación permanente o plástica. Cada material presenta una resistencia a la deformación, tanto reversible como permanente, y cuando se supera el límite de resistencia se da lugar a su ruptura; que es el valor de la resistencia final. (Wang *et al.*, 2003)

Todos estos conceptos se pueden aplicar en situaciones clínicas. Dado que muchas fuerzas complejas ocurren y tienden a deformar materiales de restauración como las resinas compuestas, el conocimiento e interpretación de cómo estos materiales se comportan bajo tales fuerzas son relevantes para comprender su rendimiento bajo fuerzas funcionales de oclusión. Las propiedades mecánicas que se estudian en las resinas compuestas son las siguientes(Macchi, 2007):

1. Resistencia a la fatiga
2. Resistencia a la Compresión
3. Resistencia a la Tracción
4. Módulo de elasticidad
5. Resistencia al Desgaste
6. Dureza Superficial
7. Resistencia a la flexión

Teniendo en cuenta que el material debe acercarse a los niveles de resistencia natural de una pieza dental, para así tener una restauración mucho más cercana a lo fisiológico de los tejidos dentarios (De la Torre Maldonado, 2016).

1. Resistencia a la fatiga

La masticación normal provoca miles de ciclos de fuerza por un día en una restauración dental. El comportamiento de las resinas compuestas bajo la acción de estas tensiones, que son relativamente bajas pero intermitentes, muestra la resistencia a la fatiga, sin llegar a la fractura. Por lo tanto, el límite de fatiga es la fuerza máxima que se puede mantener sin que se produzca fractura con un número infinito de ciclos. En el caso de los materiales con superficies rugosas, el límite de fatiga es menor de lo que sería si las superficies estuvieran más pulidas y la fractura se produciría en menos ciclos de fuerza. (Skinner, Eugene W; Phillips, 2004)



Figura 8.- Áreas de trabajo máximo, límite de fatiga.
Fuente: Gonzáles, 2010.

2. Resistencia a la compresión

Como la mayoría de las fuerzas de masticación son compresivas por naturaleza, es importante investigar los materiales bajo esta condición. Las fuerzas compresivas se dan en igual dirección y sentidos opuestos, aplastando el cuerpo sobre el que actúan y disminuyendo su longitud. Para probar la resistencia a la compresión de un material, se aplican dos conjuntos axiales de fuerza a una muestra en una dirección opuesta, con el fin de aproximar la estructura molecular del material.(Wang *et al.*, 2003)

3. Resistencia a la tracción

La fuerza traccional es provocada por una carga en igual dirección y sentidos contrarios, que tiende a estirar o alargar un cuerpo, produciendo deformación por tracción. En odontología hay pocas fuerzas de tracción puras, sin embargo, estas surgen al someter las estructuras a la flexión. (Skinner, Eugene W; Phillips, 2004)

Cuando un cuerpo está sometido a fuerzas axiales en línea recta y en sentido opuesto, produce tensión. La resistencia del material a esta carga se denomina resistencia a la tracción. La alteración de longitud que resulta de la aplicación de una fuerza de tracción en un cuerpo antes de su ruptura se define como alargamiento. Los valores de tensión-deformación determinan una curva, que caracteriza el rendimiento del material bajo prueba de tracción. A partir de esta curva, se pueden registrar el módulo elástico, la resistencia máxima a la tracción, la elasticidad y la tenacidad de dicho producto. (Wang *et al.*, 2003)

4. Módulo de elasticidad

El módulo elástico describe la rigidez relativa de un material. En la curva tensión-deformación se puede observar que el espacio entre la deformación elástica y plástica, antes del punto de fractura representa el módulo de elasticidad. (Macchi, 2007)

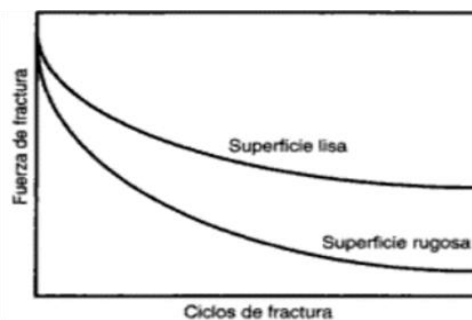


Figura 9.- Esquema de deformación fuerza de fractura dinámica por fatiga de un material frágil representada en función de la rugosidad superficial y del número de ciclos de fuerza
Fuente: Phillips, 2004.

5. Resistencia a la abrasión o desgaste

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 y palillos de dientes. Esta deficiencia no tiene efecto perjudicial inmediato, pero lleva a la pérdida de la forma anatómica de las restauraciones disminuyendo la longevidad de las mismas. Esta propiedad depende del tamaño, la forma y el contenido de las partículas de relleno, así como de la localización de la restauración en la arcada dental y las relaciones de contacto oclusales. Cuanto mayor sea el porcentaje de relleno, menor el tamaño y mayor la dureza de sus partículas, la resina tendrá menor abrasividad. (Sharon & Zambrano, 2013)

6. Dureza superficial

La dureza relativa de una sustancia, se basa en su capacidad para resistir al rayado y resistencia a la indentación. La mayoría de pruebas de dureza superficial se basan en la capacidad de la superficie de un material de resistir la penetración de una punta de diamante o de una bola de acero bajo una carga determinada. (Skinner, Eugene W; Phillips, 2004)

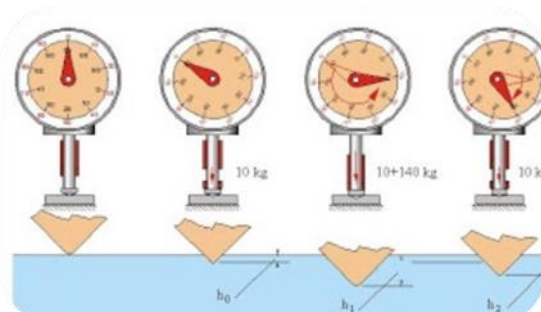


Figura 10.- Resistencia de un material a ser deformado o perder parte de su estructura.
Fuente: Internet

7. Resistencia a la flexión, la resistencia flexural

a. **Definición** Resistencia flexural se define como la fuerza por unidad de área en el instante de la fractura en un espécimen de prueba sujeto a la carga de flexión. (Garzón Flores, 2016) La resistencia a la flexión, es por lo tanto la resistencia que ofrece un material al ser flexado, cuando se aplica esta fuerza al centro del material y este se flexiona hasta fracturarse, se obtiene la máxima flexibilidad de un material antes de su límite proporcional. (Augusto & Tarazona, 2016)

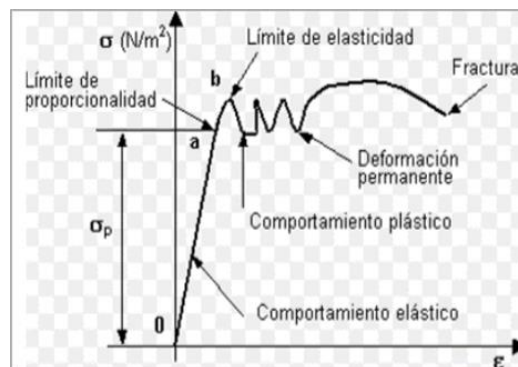


Figura 11.- Límite de un material antes de su momento de fractura

Fuente: Miranda, Braga, 2001

Conformemente es posible creer que las tensiones primordiales que actúan sobre la superficie superior son compresivas, mientras que las que se ejercen sobre la superficie inferior son traccionales. Por lo tanto, cuando un material no logra un equilibrio entre dichas tensiones se produce la fractura, la carga máxima recibida antes de este momento se denomina resistencia flexural. (Palacio Mendieta, 2014)

b. Normativa de la resistencia flexural

Los materiales dentales se fabrican bajo la normativa de ISO que corresponde a la Organización Internacional de Normalización, una organización para la creación de

estándares internacionales compuesta por diversas organizaciones nacionales de estandarización.

ISO 4049: 2009 Esta norma internacional especifica los requisitos para los materiales de restauración basados en polímeros dentales y destinados para su uso principalmente para la restauración directa o indirecta de cavidades en los dientes y para cementar.

Clasificación: Para fines de esta norma internacional, los materiales de restauración basados en polímeros dentales se clasifican en los siguientes:

Tipos:

- Tipo 1: materiales restauradores y de relleno que el fabricante recomienda como adecuados para restauraciones que involucran superficies oclusales
- Tipo 2: todos los demás materiales de relleno y restauradores basados en polímeros.

Clases:

- Clase 1: se polimerizan mezclando un iniciador y un activador.
- Clase 2: la polimerización se efectúa mediante la aplicación de una fuente externa de energía, como la luz azul.

Se subdividen de la siguiente manera:

Grupo 1: materiales que requieren que la energía se aplique de forma intraoral

Grupo 2: materiales que requieren la aplicación de energía de forma extraoral.

- Clase 3: materiales que se curan mediante la aplicación de energía externa y también tienen un mecanismo de autopolimerización (dual).

En la presente investigación se utilizó material restaurativo de tipo 1- clase 2 - grupo 1; a continuación, se mencionan únicamente las especificaciones que realiza la

norma ISO 4049 para este tipo de materiales en cuanto a la preparación de muestras de ensayo para realizar la prueba de resistencia flexural en estos materiales.

Esta norma indica la importancia de que las muestras sean homogéneas después de retirarlas del molde, sin que existan vacíos, hendiduras o burbujas de aire cuando se ve sin aumento.

Tabla 2 mínima resistencia flexural

Type 1	Class 1	80 MPa
	Class 2, group 1	80 MPa
	Class 2, group 2	100 MPa
	Class 3	80 MPa

Fuente: ISO 4049 (2009)

Para la preparación de las muestras de ensayo la normativa señala que se usará un molde de acero inoxidable, con las siguientes dimensiones: (25 ± 2) mm) de longitud, $(2 \pm 0,1)$ mm) de ancho, $(2 \pm 0,1)$ mm) de alto, en el cual se introducirá el material de acuerdo con las instrucciones del fabricante, eliminando los excesos.

Antes y durante toda la polimerización se deberán colocar portaobjetos de vidrio sobre las muestras, iniciando el proceso de fotopolimerización desde un extremo de la muestra, luego en el centro y en el extremo contrario de la misma. Al finalizar, cada muestra deberá ser calibrada antes de su almacenamiento hasta el momento de realizar el ensayo de flexión.

En cuanto al aparato de prueba, este deberá constar esencialmente de dos bases (2 mm de diámetro), con 20 mm de distancia entre ellos y una tercera barra (2 mm de diámetro) centrada entre ellas y ubicada sobre la muestra, de modo que las tres bases en combinación se puedan usar para dar una carga de tres puntos a la muestra.

c. Importancia de la resistencia flexural

Los valores de resistencia flexural y de módulo de flexión, son frecuentemente usados para indicar el desempeño estructural de los materiales dentales. Ésta es una propiedad mecánica seleccionada por el ISO (4049) para clasificar los materiales resinosos, siendo propuesta como una manera de medir la fragilidad de los materiales determinando qué tanto el material puede deformarse, ante una carga constante y regresar a su estado original antes de la aplicación de la fuerza.

Esto da un parámetro que puede ser utilizado para establecer, si el material es suficientemente resistente para cumplir con sus funciones dentro de la cavidad bucal. Se desea una alta resistencia a la flexión una vez que estos materiales están bajo la acción de la tensión de masticación que podría inducir la deformación permanente. (Malucín, 2016)

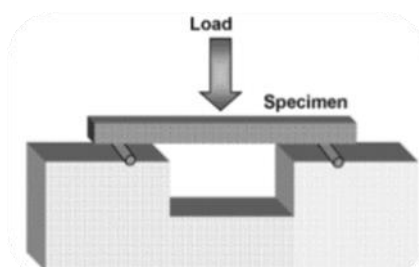


Figura 12.- Esquema de un ensayo de resistencia flexural

Fuente: Wang, D'Alpino, Lopes, Pereira, 2003

Las resinas compuestas presentan diferentes resistencias a la fractura, uno de los factores a los que está ligado es la cantidad de relleno, siendo las resinas compuestas de alta viscosidad las que presentan mayor resistencia a la fractura debido a que absorben y distribuyen mejor el impacto de las fuerzas de masticación. (Garzón Flores, 2016)

CAPÍTULO II. RESTAURACIONES INDIRECTAS ELABORADAS CON RESINA COMPUESTA NANOHÍBRIDA

a. Antecedentes

Las resinas compuestas se modifican para obtener color, translucidez y opacidad, para de esa forma imitar el color de los dientes naturales, haciendo de ellas el material más estético de restauración directa. (Macchi, 2007)

Sin embargo, tanto las resinas como, las técnicas adhesivas se han perfeccionado de tal forma que su uso se ha extendido a la elaboración de restauraciones indirectas, permitiendo controlar factores como la humedad del campo operatorio y disminuir la contracción de polimerización. El primer registro de este tipo de restauraciones con resinas compuestas data en el año de 1980 en Europa.(Rodríguez , Douglas R; Pereira, 2008)

Las restauraciones indirectas permiten una mejor adaptación restauración-diente, facilidad de obtener convexidades y contornos adecuados, excelente punto de contacto y disminución de sensibilidad posoperatoria por una menor contracción de polimerización, además las resinas compuestas son más fáciles de pulir y realizar ajustes en boca una vez ya cementados, en comparación a restauraciones indirectas elaboradas de porcelana que alterarían el glaseado original al realizar retoques en su estructura una vez cementados, aunque el brillo que brindan estas restauraciones perduran en el tiempo más que las resinas compuestas. (Rodríguez , Douglas R; Pereira, 2008)

Las resinas compuestas usadas para restauraciones indirectas deberán tener una alta carga cerámica (>50% en volumen) y combinaciones de distinto tamaño de partículas como las nanohíbrida, para así asegurar buenas propiedades mecánicas y mantenimiento de una adecuada lisura superficial. Adicionalmente el material permite la mimetización de los

colores y pigmentos que se tienen naturalmente en boca. (Skinner, Eugene W; Phillips, 2004)

b. Restauraciones indirectas elaboradas con resina compuesta

(De la Torre Maldonado, 2016) La Utilización de resinas directas e indirectas para la rehabilitación con técnicas adhesivas se ha vuelto una alternativa eficaz en la odontología actual, ya que como se sabe las restauraciones directas presentan limitaciones como son: la tensión traccional en interface adhesiva generada por la contracción en la fotopolimerización, falta de detalles anatómicos, contactos proximales inadecuados y falta de uniformidad en el grado de conversión de la matriz, al trabajar con una técnica indirecta se puede evitar todos estos problemas y así brindar una mejor rehabilitación para el paciente.

Indicaciones

- En la restauración de lesiones cariosas pequeñas y medianas
- Cierre de diastemas
- Aumento de tamaño de la corona
- Cuando se requiere reconstruir varias restauraciones en un cuadrante
- Sustitución de restauraciones deficientes, ya sea por alteraciones en el color, fractura o microfiltraciones

Contraindicaciones

- Pacientes con hipersensibilidad a las resinas o algún componente de las mismas.
- En cavidades muy extensas donde esté indicado la confección de una corona.
- Pacientes con hábitos parafuncionales o una carga masticatoria intensa.
- Cavidades sin acceso favorable por lo que no es posible una buena instrumentación.

Ventajas

- La principal ventaja frente a las restauraciones indirectas metálicas es que proporciona una muy buena estética y evita el riesgo de galvanismo.
- En cuanto a la preparación es más conservadora que la de una restauración indirecta metálica o cerámica.
- Debido a la reducción del factor de contracción, al realizar la restauración de manera indirecta, existe menor riesgo de filtración marginal que una restauración directa.
- Posee un color y una terminación excelentes porque se confecciona fuera de la boca, y es de fácil pulir en la boca.

Desventajas

- Debido al riesgo de fractura tiene que poseer un espesor mínimo de 2 mm.
- El factor de contracción por la fotopolimerización.
- Existe posibilidad de fractura en zonas de carga intensa.

1. Incrustaciones:

Estas incrustaciones representan una alternativa más para restauraciones estéticas adhesivas, siendo una alternativa para la rehabilitación dentaria con destrucciones extensas del sector posterior, Barrancos (2006) definió a las incrustaciones como “un bloque macizo de material que repone parte de una corona dentaria y que se fija a una cavidad preparada con anterioridad”, mientras que Lanata (2008) las denominó como “restauraciones confeccionadas con materiales cerámicos o resinas compuestas, por tener como característica un color capaz de devolver la armonía óptica y el aspecto natural de las piezas dentarias”.

Para este tipo de restauraciones se deberá tallar una cavidad que presente un espesor mínimo de 1.5– 2mm desde el ángulo cavo superficial de la caja

oclusal y el piso de la preparación. En los dientes cuya vertiente oclusal este muy inclinada se deberá tomar como referencia el fondo de la fisura principal del diente en lugar del ángulo cavo superficial de la preparación. De igual manera la protección de la cúspide de trabajo y de balanceo debe ser mínimo de 1.5mm. (Fioranelli Vieira, Mello Ferreira, Garófalo, & Martins Agra, 1996)



*Figura 13.-Restauración indirecta con resina compuesta.
Fuente: Azcona & Giraudo, 2012*

Con lo mencionado anteriormente podemos concluir que las incrustaciones son restauraciones indirectas posteriores para la rehabilitación dentaria, con pérdidas de tejido dentario con extensión mediana a grande, que el daño no sea tan extenso que requiera una corona, estas se fijan al sustrato dentario preparado anteriormente mediante materiales adhesivos, de acuerdo al material del que este elaborada la incrustación. (Luna Salinas, 2017)

1.1 Inlay

Esta preparación se considera conservador, no se procede a la reducción de sus cúspides. Su indicación debe hacerse analizando cuidadosamente su estructura dental remanente, a fin de garantizar un buen tratamiento restaurador. Las restauraciones de tipo Inlay están indicadas para premolares y molares con pérdida estructural media en sentido vestíbulo-lingual. Si la pérdida es mayor y la cúspide tiene menos de 1,5mm de ancho, se recomienda su recubrimiento. Estas preparaciones deben ser realizadas con previo control

oclusal, evitando principalmente que las fuerzas oclusales recaigan sobre los límites restauración-diente. (Rodríguez Villarreal, 2017)

1.2 Onlay y Overlay

Las restauraciones Onlay están indicadas para premolares y molares con pérdida dentaria mayor a 1/3 de la dimensión vestibulo – lingual. Las Overlays están más indicadas cuando la caries invadió las cúspides, cuando la anchura del istmo es muy grande o cuando son dientes tratados endodónticamente. (Luna Salinas, 2017)

2. Carillas

Las carillas son bloques de resina compuesta que se fijan a la superficie vestibular de un diente anterior fundamentalmente para mejorar sus aspectos estéticos. Estos elementos estéticos-terapéuticos están destinados a devolver estética y/o función fundamentalmente en los dientes del sector anterior con un limitado desgaste dentario. (Solis Pinargote & Nataly, 2012)



*Figura 14.- Carillas de resina compuesta.
Fuente: Autor*

CAPÍTULO III. POLIMERIZACIÓN COMPLEMENTARIA DE LOS SISTEMAS INDIRECTOS DE RESINA COMPUESTA

a. Introducción

Los composites como se sabe tienen en su composición una base orgánica cuyo mecanismo de endurecimiento se da por una reacción química desencadenada al ser expuesta a la luz. Esta reacción se denomina fotopolimerización y provoca que los monómeros presentes acorten la distancia entre sí, formando radicales libres y enlaces covalentes entre los átomos de carbono, dando lugar a la formación de polímeros (Lanata, 2008).

Además de las mejoras que ofrecen las casas comerciales para cada resina, se ha buscado mejorar sus propiedades mediante la polimerización adicional en las resinas compuestas utilizadas en restauraciones indirectas. Existen varios autores entre los que tenemos Goncalves *et al.* (2006), citado por (Palacio Mendieta, 2014); Gomes Filho *et al.* (2008); Fernandes Fischer *et al.* (2013); (De la Torre Maldonado, 2016); (Cruz *et al.*, 2014); (Miyazaki, Medeiros, Santana, Matos, & Rodrigues Filho, 2009); que indican que después del fotocurado, se puede complementar la polimerización con tratamientos de calor, de esta manera se potenciará las propiedades mecánicas, físicas, químicas y biológicas.

Estas mejoras en la resina a razón de la termopolimerización adicional se explica por el aumento del grado de conversión de las resinas sometidas al calentamiento próximo a la temperatura de transición vítrea de la interfaz polimérica (entre 125 y 150°C), durante una hora, permitiendo una mayor movilidad de los monómeros libres y mayor flexibilidad de las cadenas poliméricas, obteniendo

nuevas reacciones en los radicales activados. Periodos mayores de tiempo pueden causar un efecto contrario disminuyendo las propiedades mecánicas, o provocando decoloraciones en la resina y no se recomiendan.(Cruz *et al.*, 2014)

Otra ventaja promovida por el curado adicional mediante el tratamiento térmico es la evaporación de cerca del 1,3% de la porción orgánica de la matriz y la disminución de la liberación de monómeros libres, lo cual resulta en un material con menos componentes, de pobres propiedades mecánicas y con mayor biocompatibilidad, pues los monómeros libres son sustancias ácidas y tóxicas para los tejidos vivos. Se han sugerido el uso de autoclaves, estufas y microondas como forma de tratamiento térmico para la polimerización adicional. No se ha encontrado diferencias estadísticamente significativas al analizar los módulos de resistencia a la flexión en los resultados presentados por estas técnicas. (Arossi *et al.*, 2007)

b. Principios de la fotopolimerización

Grado de conversión.

Al grado de conversión se lo considera como el porcentaje de enlaces dobles de carbono (C=C) que se convirtieron a simples (enlaces covalentes), pasando así de monómeros a complejos poliméricos o redes tridimensionales poliméricas. Un grado de conversión de entre el 50 al 70% es típico de las resinas compuestas, los grupos metacrilato que no reaccionaron tienen un efecto reblandecedor del polímero, por lo que podemos deducir que las propiedades mecánicas y físicas del material están ligadas al grado de conversión. (Skinner, Eugene W; Phillips, 2004)

c. Factores que influyen en el grado de fotopolimerización

La fotopolimerización de las resinas compuestas depende sobre todo de un adecuado proceso clínico y de varios factores que son principalmente: 1.- Intensidad. 2.- Tiempo de

polimerización. 3.- Velocidad; así como de factores adicionales como: color del composite, potencia de la lámpara, profundidad de la cavidad, espesor de la capa, estructuras dentales interpuestas, cantidad de relleno del composite.(De la Torre Maldonado, 2016)

- La importancia de la luz para que exista una adecuada fotoactivación, va a requerir de una intensidad que puede ser variable y de la cual, su acción dependerá del tiempo de exposición para poder hacer que los fotones lleguen a todas las zonas del material de resina, buscando principalmente, que esta luz aporte suficientes fotones en una longitud de onda adecuada para generar una reacción química ideal. (Peñañiel & León, 2017)
- Color del composite: los tonos más oscuros requieren mayor tiempo de polimerización (60 segundos a profundidad máxima de 0,5mm).(García *et al.*, 2006)
- Temperatura: el composite a temperatura ambiente polimeriza en menos tiempo y con mayor rapidez.
- Espesor de la capa de composite: se recomienda no polimerizar capas mayores de 2 mm de espesor. (De la Torre Maldonado, 2016)
- Tipo de relleno: los composites microfinos polimerizan peor que los de mayor carga.
- Distancia entre foco de luz y composite: distancia óptima: <1 mm, con la luz perpendicular al material.
- Calidad del foco de iluminación: longitud de onda entre 400 y 500 nm. La intensidad de la luz debe ser igual o mayor de 600 mW/cm² para asegurar un mínimo de 400 en el primer incremento de composite en cavidades posteriores.

Contracción de polimerización Depende de la cantidad de fase orgánica. (García *et al.*, 2006)

d. Fases de fotopolimerización.

Dicho proceso ocurre en tres fases: la iniciación o inducción, la propagación y la terminación; la iniciación se produce por sustancias que, al ser activadas, crean radicales libres, estos atacan los enlaces dobles de los monómeros, que se acoplan transformándose en polímeros de enlaces simples y más estables, lo que libera más radicales libres, que originan la propagación de la polimerización hasta que la rigidez de la resina dificulte el proceso de unión de los monómeros, conduciendo el fin del proceso de polimerización. (Palacio Mendieta, 2014)

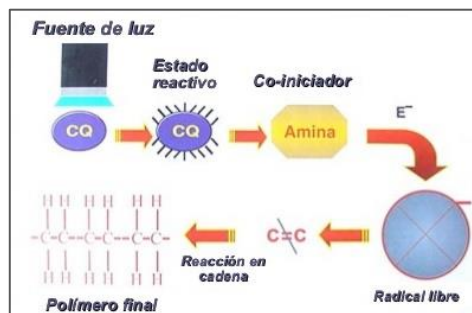


Figura 15.- Sistema de fotopolimerización
Fuente: Espósito, 2011

(De la Torre Maldonado, 2016) Según Lanata J. (2003) Se ha establecido que durante la polimerización la resina atraviesa tres fases muy bien diferenciadas:

Fase pre-gel.

Esta fase se da al inicio de la polimerización, en la cual la matriz resinosa todavía se encuentra en un estado viscoplástico, es decir que los monómeros todavía tiene la capacidad de fluir inclusive por su propio peso, además en este estado las tensiones generadas son reacomodadas gracias a su fluidez (Lanata, 2008)

Punto gel.

En este punto se empiezan a formar muchas más cadenas poliméricas dando lugar a macromoléculas con mucho más peso molecular, lo que da paso a que el material pierda su capacidad de fluidez o escurrimiento y se convierta en un sólido. A esta etapa se la define donde la fluidez del material no puede acompañar su contracción (De la Torre Maldonado, 2016)

Fase pos-gel.

En esta fase el material posee un alto grado de rigidez, y dado a que la polimerización continúa y la contracción avanza, empieza la transmisión de las tensiones producto de la polimerización al complejo dentina-resina limitada por los adhesivos lo que ocasiona estrés traccional (Lanata, 2008).

e. Unidades de fotopolimerización

En la actualidad las lámparas de fotocurado han evolucionado variando su espectro de luz, su forma ergonómica y su potencia de polimerización, en busca de una mejoría en la calidad de fotocurado de las resinas. Hoy en día es indiscutible que las resinas constituyen uno de los materiales más importantes en Odontología, pues ofrecen adhesión y estética a la vez. Estas pasan por un fenómeno de polimerización, el cual puede ser alcanzado a través de un proceso de fotocurado. Las primeras unidades de energía radiante para la polimerización de las resinas compuestas, fueron con luz ultravioleta en la década de los setenta. (Santa Cruz H, 2011)

En el reporte del consejo de Materiales Dentales de la Asociación Dental Americana (1976), se destacan una serie de daños potenciales y lesiones tanto en el paciente como en el personal operador expuestos al trabajo con estas unidades de luz ultravioleta,

destacándose efectos sobre células y virus comúnmente presentes en la cavidad bucal, gatillando su potencial oncogénico, debiendo por ello minimizar la exposición de los tejidos a dichas radiaciones, por todo lo anteriormente expuesto, estas unidades de luz ultravioleta posteriormente fueron descontinuadas. (Santa Cruz H, 2011)

Así pues, desde mediados de los ochenta y hasta mitad de los noventa, la principal fuente de iluminación utilizada fue la lámpara halógena, la cual sufrió una escasa evolución cualitativa durante ese período, ya que los principales esfuerzos científicos se encaminaron hacia la mejora de la polimerización mediante el desarrollo y la evolución de la composición química de los materiales fotocurables. (Chaple, Montenegro, & Álvarez, 2016)

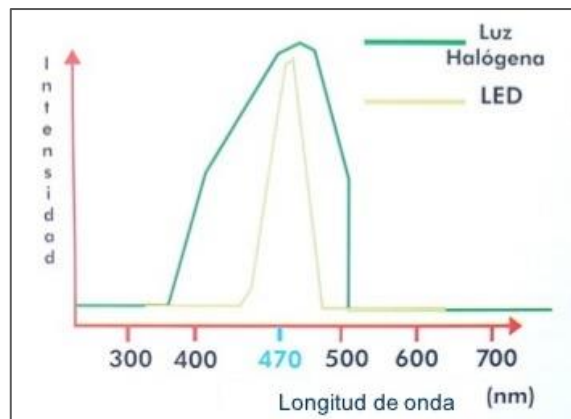


Figura 16.- Longitud de onda entre lámpara LED y halógena.
Fuente: Espósito, 2011

La principal misión de la lámpara de fotoactivación en el proceso de endurecimiento de la resina, consiste en la activación, mediante su energía lumínica de los compuestos químicos fotoiniciadores existentes en la propia formulación del material, los cuales desencadenan la reacción química de transformación del producto inicial en el producto final deseado. Estos compuestos, cuyo principal representante son las canforoquinonas, son especialmente sensibles a la energía lumínica en el rango de los 470-475 nm de longitud de

onda (luz azul), y provocan tras su fotoactivación, la aparición de radicales libres capaces de desencadenar la reacción química deseada sobre el compuesto. (Santa Cruz H, 2011)

En la actualidad, la industria ha vuelto a prestar atención a la fuente lumínica de fotoactivación como nueva posibilidad para la mejora en las propiedades clínicas de estos materiales. Existen unidades de polimerización como:

- Lámparas de luz Halógenas o Convencionales
- Lámparas Láser
- Lámparas Arco de Plasma
- Lámparas de Luz Emitida por Diodos (LED): como su nombre lo dice está compuesto de diodos simétricamente ordenados los cuales emiten únicamente luz azul en una longitud de onda que ronda entre los 440-490 nm, permitiendo activar la canforoquinona y empezar la reacción de polimerización. (De la Torre Maldonado, 2016)

f. Termopolimerización adicional de los sistemas indirectos de resina compuesta

Una técnica muy comúnmente utilizada hoy en día, son las restauraciones indirectas, que al realizarse fuera de cavidad bucal llevo a que algunos autores intentaran mejorar las propiedades mecánicas y físicas del material elevando la resistencia a las fuerzas oclusales a través de una fotopolimerización aumentada, o también por tratamientos térmicos (De la Torre Maldonado, 2016)

Sistemas fotoactivados con polimerización complementaria por calor.

La activación térmica es utilizada en la polimerización adicional usando calor y/o presión y/o vacío. El termocurado tras el fotocurado mejora las propiedades físicas y mecánicas de la resina, sobre todo la resistencia al desgaste y la resistencia a la

degradación marginal estando directamente relacionada con la fotoactivación inicial (Reis & Dourado Loguercio, 2012)

En la primera parte de este tipo de sistemas se utiliza luz para la polimerización, la siguiente parte es aplicar calor a una temperatura aproximada de 100°C o más por aproximadamente 8 a 15 minutos para proveer la temperatura que sirve de estímulo para activar el iniciador. Cualquiera de estos mecanismos es eficiente y produce un alto grado de polimerización en condiciones apropiadas.(Rodríguez , Douglas R; Pereira, 2008)

La termopolimerización complementaria, es el proceso de aplicar calor a una restauración indirecta luego de que esta haya sido polimerizada de manera convencional. Este proceso se lo puede realizar mediante: hornos específicos de fabricantes, hornos convencionales, autoclaves, hornos de microondas, agua en ebullición y hasta creando un vacío para la aplicación de nitrógeno, sin que exista relación directa entre el método utilizado para la termopolimerización y su influencia en las propiedades mecánicas de la resina compuesta. (Palacio Mendieta, 2014); (Gomes Filho *et al.*, 2008); (Fernandes Fischer *et al.*, 2013); (De la Torre Maldonado, 2016) ; (Cruz *et al.*, 2014); (Miyazaki *et al.*, 2009)

Este último precepto no se comparte con todos los estudios, pues existen autores que encontraron diferencias según el método de termopolimerización aplicado, por ejemplo, (Garzón Flores, 2016) observó mejores resultados en la resistencia compresiva de la resina sometida a autoclave. Contrariamente (Lepequeur M, Surriaga P, 2015) obtuvo mayor grado de conversión y microdureza cuando se realiza pos-polimerización con calor seco y microondas este último resultado según el autor coincide con los del estudio de Went, indicando que el autoclave disminuyo la microdureza de la resina compuesta; de igual

manera Lombardo *et al*, encontraron mejores resultados de microdureza con postpolimerización en calor seco.

Como ha quedado evidenciado existen diferentes conceptos al momento de realizar termopolimerización adicional, sin embargo se ha intentado establecer lineamientos para lograr que este proceso cumpla la función de mejorar las diferentes propiedades de la resina restauradora sin modificar negativamente su estructura, tomando como ejemplo a Miyazaki *et al*. (2009), quien nos indica que, en temperaturas superiores a 200 ° C, la resina compuesta presentaba una pérdida de peso de hasta 0,2%, por lo que los tratamientos de termopolimerización adicional deberían estar considerados dentro de esta temperatura.

5. Materiales y métodos

5.1 Tipo y diseño del estudio

El presente estudio es de tipo transversal, prospectivo, experimental y comparativo, debido a que se realizaron pruebas en las muestras para comparar dos técnicas de termopolimerización y su efecto en la resistencia flexural de la resina compuesta nanohíbrida (Tetric® N-Ceram Bulk Fill, Ivoclar Vivaden) utilizada en restauraciones indirectas.

5.2 Universo y muestra

El estudio estuvo conformado por 60 bloques de resina compuesta nanohíbrida (Tetric® N-Ceram Bulk Fill) (Acurio Benavente *et al.*, 2017), que fueron divididos en 3 grupos de 20 unidades de estudio cada uno, contemplados dentro del mínimo establecido por Fisher para este tipo de investigación en la que se desconoce su población. (Pineda & Alvarado, 2008) (Ramírez Taco & García Merino, 2016)

5.3 Criterios de inclusión

Todos los bloques de resina compuesta que cumplieron con las especificaciones y dimensiones dadas por las normas de estandarización ISO 4049 y las establecidas en la metodología.

- Bloques de resina íntegros, sin fisuras.
- Bloques con dimensiones de 25x2x2mm aproximadamente
- Resina completamente fotopolimerizada y sin burbujas.

5.4 Criterios de exclusión

Fueron excluidos del estudio todos los bloques con las siguientes características:

- Bloques de resina fracturada.
- Resina compuesta sin fotopolimerizar.
- Bloques con burbujas o fisuras que alteren su integridad.
- Bloques de resina con dimensiones inadecuadas.

Los bloques descartados fueron reemplazados por nuevas unidades de estudio que cumplieron con las características de la norma ISO 4049.

5.5 Materiales y equipos

- 4 tubos de resina compuesta nanohíbrida (Tetric® N-Ceram Bulk Fill IVW, Ivoclar Vivadent). (Acurio Benavente *et al.*, 2017)
- 1 matriz metálica elaborada bajo condiciones de ISO 4049, con un espacio entre ellas de 25mm de longitud, 2mm de ancho y 2mm de espesor. (Cruz *et al.*, 2014)
- 1 Portamaterial o gutaperchero
- 1 Loseta de vidrio
- 1 Caja de guantes de nitrilo
- 1 Cámara fotográfica (SONY DSC-H300)
- 1 Calibrador Digital Pie De Rey
- 2 porta objetos (Santa Cruz H, 2011)
- 1 Lámpara de Fotopolimerización (GNATUS OptiLigth Max-1200mW/cm²) (Chávez Romero & Mantilla Torres, 2016)
- 1 Esterilizador electrónico de calor seco (modelo PANACEA 431) (Arossi *et al.*, 2007)
- 1 Máquina de Ensayos Universales (MARSHALL PS25) (Palacio Mendieta, 2014)
- 1 calentador de agua eléctrico.

5.6 Metodología

Para la realización del presente estudio se utilizaron 60 bloques de resina compuesta directa nanohíbrida Tetric® N-Ceram Bulk Fill (Ivoclar Vivadent) (Acurio Benavente *et al.*, 2017), elaborados de manera estandarizada según la norma ISO 4049 (para ensayos de propiedades mecánicas de las resinas), la cual determina las medidas para dichos especímenes en prueba (25x2x2mm), para lograr que los bloques cumplan con esta norma se usó una matriz metálica con un espacio en el centro de 25x2x2mm. (Palacio Mendieta, 2014) (Cruz et al., 2014) (Diaz Pilamonte, 2015) (Fernandez, Mogollones, & Castilla, 2013)

Para obtener una superficie lisa en los bloques de resina compuesta directa nanohíbrida (Tetric® N-Ceram Bulk Fill) se colocó una loseta de vidrio debajo de la matriz metálica. Posteriormente se realizó incrementos de resina nanohíbrida de 2 mm cada una con ayuda de un portamaterial o gutaperchero. (Acurio Benavente *et al.*, 2017)

Siguiendo el protocolo de fotocurado se utilizó la lámpara GNATUS Optilight, con una potencia de 1200mW/Cm² en modo rampa, a una distancia de 2 mm, en un ángulo de 90° durante 20 segundos, siguiendo una dirección de derecha, centro e izquierda en el bloque de resina. Para estandarizar la distancia de fotocurado en cada bloque, se colocó entre la resina y la lámpara dos portaobjetos los mismos que miden 1 mm cada uno. (Santa Cruz H, 2011)

Una vez obtenido los 60 bloques de resina se usó el calibrador digital para comprobar que las dimensiones de cada uno sean las correctas.

Los grupos experimentales fueron seleccionados de acuerdo a la literatura, en la que se observó que no existe diferencia estadística entre los métodos de termopolimerización utilizada encontrando en todos ellos un efecto positivo sobre las propiedades mecánicas de la resina compuesta. Uno de los estudios que compara los diferentes métodos es el de Gomes Filho *et al.* (2008), quien utiliza diferentes equipos

para aplicar este proceso y determinará que la termopolimerización mediante calor seco mejoró las propiedades de la resina en comparación a otros métodos de polimerización adicional. Sin embargo entre la literatura encontrada no realizan comparación entre los diferentes métodos de termopolimerización adicional y el agua caliente por lo que el actual estudio propone dos grupos experimentales incluyendo el agua a 60°C como opción de polimerización adicional, tomando en cuenta los resultados en la investigación de Palacio Mendieta (2014).

A continuación, se procedió a dividir los bloques en tres grupos de manera aleatoria, detallados a continuación:

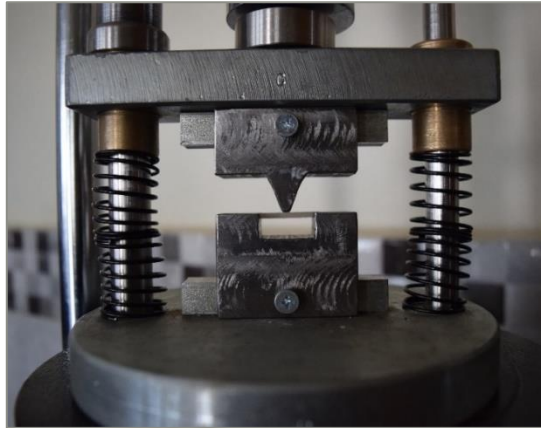
- a. **Grupo Control (GC):** estuvo conformado por 20 bloques de resina compuesta directa nanohíbrida TETRIC® N-CERAM BULK FILL, sin someterlos a cambios de temperatura.
- b. **Grupo Experimental 1 (GE1):** integrado por 20 bloques de resina compuesta nanohíbrida TETRIC® N-CERAM BULK FILL, que fueron sumergidos en agua a una temperatura de 60°C por 60 min. (Palacio Mendieta, 2014)
- c. **Grupo Experimental 2 (GE2):** constó de 20 bloques de resina compuesta nanohíbrida TETRIC® N-CERAM BULK FILL, sometidos a 120°C de temperatura en calor seco por 10 min. (Gomes Filho *et al.*, 2008)

Una vez se realizó el procedimiento mencionado, los bloques fueron conservados a temperatura ambiente dentro de bolsas ZIPLOC selladas y correctamente etiquetadas de acuerdo al grupo correspondiente, facilitando su identificación hasta el momento de la colocación en la prensa de ensayos Universal. (Palacio Mendieta, 2014)

A continuación, se realizó la prueba de flexión de los tres grupos en la máquina de ensayos Universal – MARSHALL PS25, iniciando con el Grupo Control; cada muestra fue apoyada en dos bases colocadas de manera equidistante en sus extremos y

con una base en la parte central superior que permitió dirigir las fuerzas al centro del bloque de resina haciendo cumplir la prueba de tres puntos para flexión del material.

Inmediatamente la maquina dirigió la fuerza al centro de la muestra de manera paulatina a una velocidad de 1.7 mm/min hasta registrar la resistencia flexural máxima antes del momento de fractura.(Palacio Mendieta, 2014)



*Figura 17.- Bloque de resina colocado en la máquina de Ensayos Universal.
Fuente: Autor*

Los datos resultantes, fueron anotados en una ficha de observaciones para su posterior presentación en el formato estándar del informe de resultados del laboratorio GEOCONS, encargado de llevar a cabo las pruebas de flexión.

Para su análisis los resultados se presentaron en Megapascales (MPa), a continuación, se aplicó la fórmula de resistencia a la flexión en tres puntos (anexo 11) para obtener los datos que finalmente fueron interpretados estadísticamente como los resultados de la presente investigación.

6. Resultados

Tabla 3: Resultados individuales de la prueba flexural a la que se sometieron las muestras de resina compuesta, presentados en Mpa

Nº Muestra	Grupo Control (Sin someter a cambios de temperatura)	Grupo Experimental Nº1 (60°C+60min en agua)	Grupo Experimental Nº2 (120°C+10min en calor seco)
Nº 1	115,315 Mpa	116,792 Mpa	116,792 Mpa
Nº 2	116,785 Mpa	116,792 Mpa	116,792 Mpa
Nº 3	133,469 Mpa	116,792 Mpa	133,852 Mpa
Nº 4	86,492 Mpa	100,108 Mpa	100,108 Mpa
Nº 5	133,469 Mpa	116,792 Mpa	133,852 Mpa
Nº 6	105,935 Mpa	100,108 Mpa	100,108 Mpa
Nº 7	90,808 Mpa	90,985 Mpa	111,203 Mpa
Nº 8	115,315 Mpa	116,792 Mpa	116,792 Mpa
Nº 9	118,01 Mpa	100,108 Mpa	116,792 Mpa
Nº 10	116,785 Mpa	100,108 Mpa	116,792 Mpa
Nº 11	115,315 Mpa	90,985 Mpa	133,852 Mpa
Nº 12	83,424 Mpa	100,108 Mpa	116,792 Mpa
Nº 13	78,792 Mpa	100,108 Mpa	116,792 Mpa
Nº 14	116,785 Mpa	116,792 Mpa	100,108 Mpa
Nº 15	133,419 Mpa	100,108 Mpa	133,852 Mpa
Nº 16	118,01 Mpa	116,792 Mpa	100,108 Mpa
Nº 17	116,785 Mpa	83,424 Mpa	90,985 Mpa
Nº 18	133,469 Mpa	122,216 Mpa	106,148 Mpa
Nº 19	100,108 Mpa	100,108 Mpa	133,852 Mpa
Nº 20	95,317 Mpa	100,108 Mpa	116,792 Mpa

Elaborado por: Autor

6.1 Procesamiento e interpretación de resultados

Para el procesamiento de datos se usó el paquete estadístico “Statistic Package for Social Science” (SPSS) versión 21.0 para Windows, análisis de normalidad Shapiro-Wilk, las herramientas de estadística descriptiva con un nivel de confianza del 95% aplicando el test T-student. para los datos obtenidos en la prueba de resistencia flexural de la resina compuesta Tetric® N-Ceram Bulk Fill, después de haber sido sometida a termopolimerización adicional.

Tabla 4: Pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk

	Shapiro-Wilk	
	Estadístico	Sig.
Grupo Control	,900	,062
Grupo Experimental N°1	,852	,076
Grupo Experimental N°2	,886	,082

*Sig. < 0,05 distribución anormal *Sig.> 0,05 distribución normal

Elaborado por: Autor

Cada grupo fue sometido al test de Shapiro-Wilk que se utiliza para verificar la normalidad de los datos en muestras menores a 50 unidades, con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$. Los resultados de este test se resumen en la tabla 3, donde se observa que según la prueba de Shapiro en todos los grupos el nivel de significancia es mayor a 0,05 por lo que hay distribución normal o simétrica de los datos a los lados de la media, significando que no existe sesgo en los resultados obtenidos.

Tabla 5: Estadística descriptiva

	Grupo Control (Sin someter a cambios de temperatura)	Grupo Experimental Nº1 (60°C+60min en agua)	Grupo Experimental Nº2 (120°C+10min en calor seco)
Desviación estándar	±17,015247	±11,101499	±13,281602
Error estándar	±3,804725	±2,482371	±2,969857
Valor P	0,089	0,078	0,096
* Intervalo de confianza del 95%			

Elaborado por: Autor

La tabla 4 muestra los resultados del análisis estadístico descriptivo T-student para la resistencia flexural de la resina compuesta Tetric® N-ceram Bulk Fill, después de haber sido sometida a termopolimerización adicional, con un intervalo de confianza del 95% se observa el *valor de p*= 0,089 (**GC**); 0,078 (**GE1**) y 0,096 (**GE2**). Siendo este valor mayor a 0,05, se infiere que los grupos no presentan diferencias estadísticamente significativas en la resistencia flexural que obtuvieron entre ellos, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula que nos dice que las resinas compuestas nanohíbridadas utilizadas en restauraciones indirectas al ser sometidas a técnicas de termopolimerización adicional no mejoran la resistencia flexural.

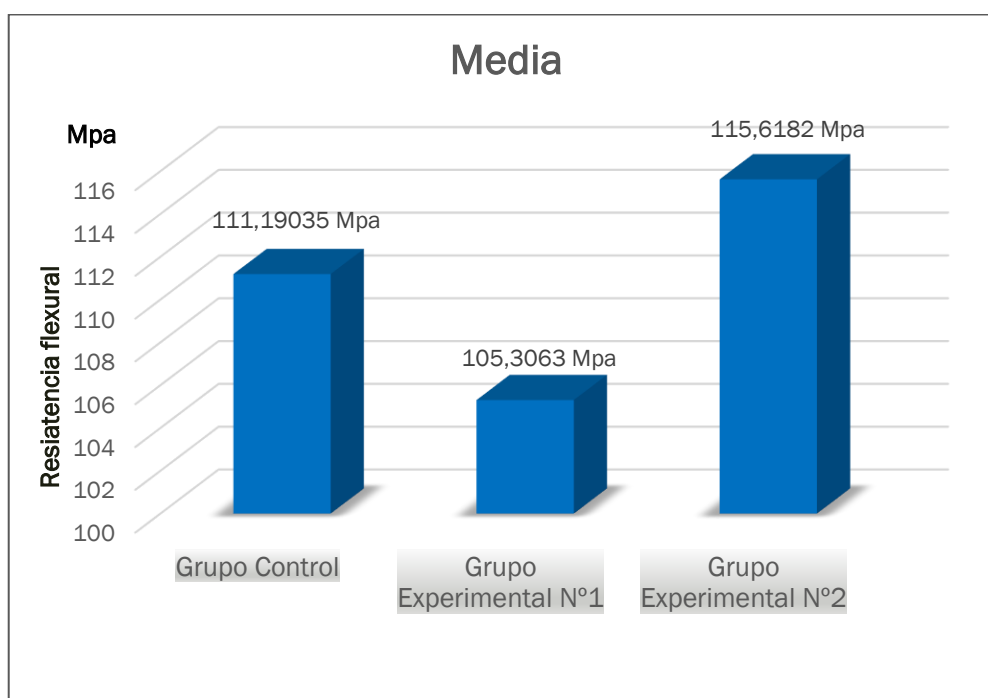
En cuanto a la desviación estándar que determina cuanto se alejan los valores de las muestras en cada grupo de su media se obtuvo: en el **GC** una desviación de 15%; en el **GE1** una desviación del 10,5% y en el **GE2** una desviación del 11,4%. Además, se observan los valores de error estándar que indican en cuanto puede variar la media de cada grupo al replicar el estudio.

Tabla 6: Valor promedio de cada grupo

	Grupo Control (Sin someter a cambios de temperatura)	Grupo Experimental N°1 (60°C+60min en agua)	Grupo Experimental N°2 (120°C+10min en calor seco)
Media	111,19035 Mpa	105,30630 Mpa	115,61820 Mpa

Elaborado por: Autor

Gráfico 1: Media de la prueba de resistencia flexural de la resina compuesta Tetric® N-ceram Bulk Fill, después de haber sido sometida a termopolimerización adicional.



Elaborado por: Autor

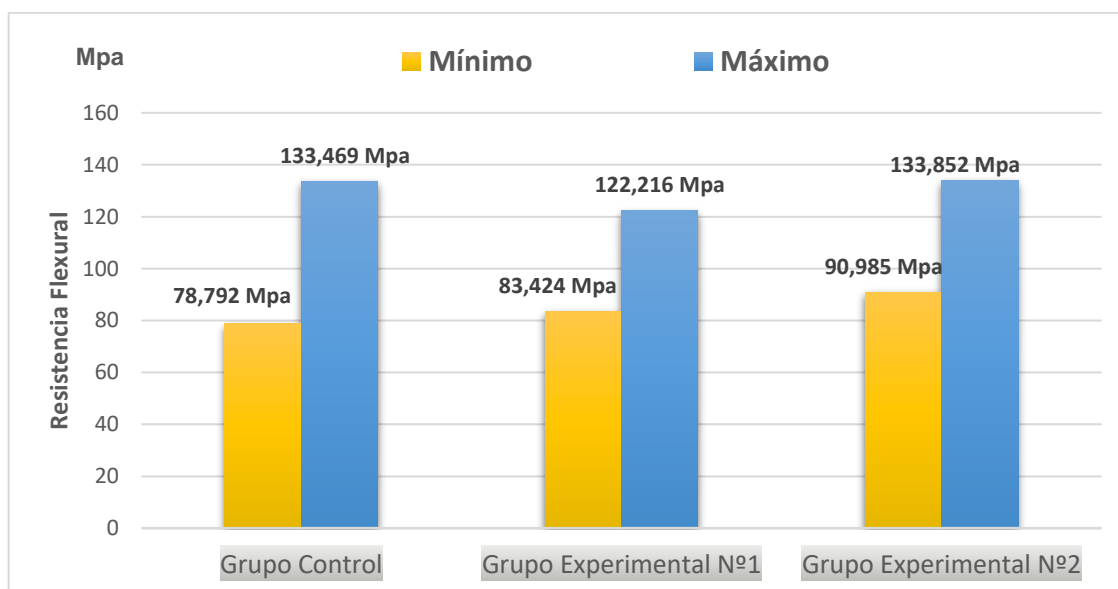
La tabla 6 y gráfico 1, representan el promedio de resistencia flexural en cada grupo de estudio; observando que todos los grupos se encuentran sobre 80 Mpa, que es el valor mínimo de resistencia flexural establecido para este tipo de materiales, según la norma ISO 4049 (Tabla 2), obteniendo que el **GE2** mejoró la resistencia flexural un 4% en comparación al grupo control y contrariamente el **GE1** perdió sus valores de resistencia flexural en un 5,2%.

Tabla 7: Valores mínimos y máximos de resistencia flexural en cada grupo.

	Grupo Control (Sin someter a cambios de temperatura)	Grupo Experimental N°1 (60°C+60min en agua)	Grupo Experimental N°2 (120°C+10min en calor seco)
Mínimo	78,792 Mpa	83,424 Mpa	90,985 Mpa
Máximo	133,469 Mpa	122,216 Mpa	133,852 Mpa

Elaborado por: Autor

Gráfico 2: valores mínimos y máximos de la prueba de resistencia flexural de la resina Tetric® N-ceram Bulk Fill, después de haber sido sometida a termopolimerización.



Elaborado por: Autor

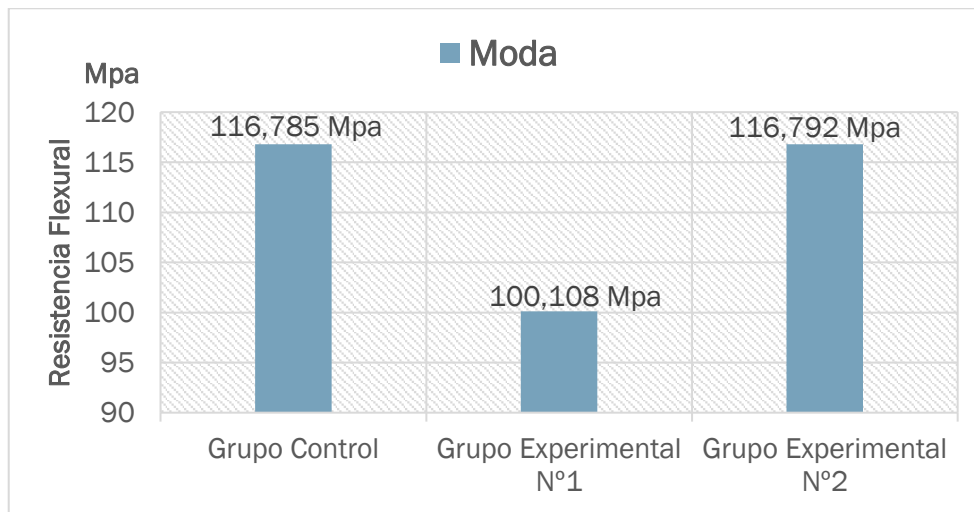
La tabla 7 y gráfico 2 representa la resistencia flexural mínima y máxima que obtuvo cada grupo del presente estudio de investigación. Observando que el valor mínimo del grupo control no logró alcanzar la resistencia flexural establecida por las normas ISO 4049 de 80 Mpa, con un 1,5% por debajo de lo establecido.

Tabla 8: Valores más frecuentes de resistencia flexural en cada grupo

	Grupo Control (Sin someter a cambios de temperatura)	Grupo Experimental N°1 (60°C+60min en agua)	Grupo Experimental N°2 (120°C+10min en calor seco)
<i>Moda</i>	116,785 Mpa	100,108 Mpa	116,792 Mpa

Elaborado por: Autor

Gráfico 3: Moda de la prueba de resistencia flexural.



Elaborado por: Autor

Todos los valores obtenidos en la *Moda* o valores más frecuentes se encuentran sobre el valor mínimo establecido por la norma ISO 4049. Obteniendo valores similares entre el **GC** y **GE2** con una diferencia mínima de 0,005%.

Y una disminución de la resistencia flexural 14,2% en el **GE1** en comparación al **GC**.

7. Discusión

Recientemente ha aumentado el uso de resinas tipo Bulk-Fill por lo tanto, existe muy poca evidencia científica en cuanto a las propiedades físico-mecánicas de estos materiales y su uso adecuado dentro de la práctica clínica, en comparación con las resinas convencionalmente utilizadas (Acurio Benavente *et al.*, 2017). Motivo por el cual el presente estudio de tipo *in-vitro* experimental, tuvo como finalidad determinar la resistencia flexural de una resina compuesta nanohíbrida de tipo Bulk-Fill sometida a técnicas de termopolimerización adicional.

De esta manera la resistencia flexural representó una variable fundamental dentro de este estudio. Basándonos en la norma ISO 4049, se determina que, la resistencia flexural mínima en resinas fotopolimerizables (tipo 1, clase 2, grupo 1) debe ser mayor que 80 Mpa (tabla 2), parámetro que se cumplió en los bloques de resina Tetric® N-Ceram Bulk Fill que se usó en el presente estudio. (Hernández Hernández, Ancona Meza, & Zamarripa Calderón, 2009) (Ramírez Taco & García Merino, 2016)

(Lepequeur M, Surriaga P, 2015) y (Miyazaki *et al.*, 2009) indican que la termopolimerización conlleva a mejorar las propiedades químicas, biológicas, físicas y mecánicas de la resina, entre estas la resistencia flexural de este material.

Por lo tanto, al observar que la termopolimerización influye en las propiedades de la resina compuesta en el presente estudio se estableció determinar de qué manera afectan estos procesos aplicados mediante estufa de calor seco a 120°C+10min (**GE2**) y agua a 60°C+60min (**GE1**) a la resina nanohíbrida, para lo cual se utilizó una población de 60 bloques de resina Tetric® N-Ceram Bulk Fill de 25x2x2mm distribuidos en tres grupos de estudio (n=20), aplicando la prueba de flexión de tres puntos a una velocidad de 1.7mm/min, obteniendo mayor resultado en el **GE2** (115,61820 MPa), aunque no existió significancia estadística en comparación con el **grupo control** (111,19035 MPa) y **GE1** (105,30630 MPa).

Estos resultados permiten evidenciar la influencia del calor en la resistencia flexural de la resina compuesta. Si bien los valores obtenidos están por sobre el valor mínimo de resistencia flexural que requieren las resinas compuestas fotopolimerizables, estos no

concuerdan con el valor proporcionado por la casa comercial, Ivoclar Vivadent para la resina Tetric® N-Ceram Bulk Fill, dando un valor en sus ensayos de 120 Mpa, esto puede deberse a las diferencias metodológicas en el momento de la fabricación de las probetas (25x2x4mm) o de los ensayos técnicos.

De igual manera en el estudio de (Ramírez Taco & García Merino, 2016), los resultados del ensayo de resistencia a la flexión de la resina Tetric N-Ceram Bulk Fill se presentaron mayores (127,58 Mpa), en comparación al presente estudio, esto puede deberse a que las unidades de estudio tenían dimensiones de 25x2x4mm y en el nuestro los bloques de resina median 25x2x2mm.

Contrariamente en otra prueba se observan valores menores a la media del *grupo control* de nuestro estudio, que es de 111,19035 Mpa, esto a pesar de que fabrican muestras con mayores dimensiones (25x2x2; 4 y 5 mm), variando la media de sus resultados entre 80,94 - 105,06 Mpa. (Diaz Pilamonte, 2015)

Como se ha mencionado no existe un protocolo de termopolimerización establecido, encontrando en la literatura métodos con diferentes temperaturas, equipos y resinas compuestas dentro de su proceso como los que se detallan a continuación.

Gomes Filho et al. (2008) realizó un estudio con la resina Fill Magic encontrando diferencias significativas entre el grupo control (sin termopolimerización) y el grupo sometido a termopolimerización mediante calor seco a 120°C por 10 minutos, misma temperatura y tiempo aplicada en el grupo experimental 2 del presente estudio; de igual manera Lepequeur M, Surriaga P (2015) obtiene mejores resultados con el calor seco después de someter a diferentes métodos de termopolimerización adicional la resina Ena Micerium durante 10 minutos a una temperatura similar (125°C).

Existen estudios que concuerdan con el nuestro con respecto a que la termopolimerización no provoca diferencias significativas en la resistencia a la flexión de la resina compuesta como el de Miyazaki *et al.* (2009) que, después de someter a 170°C mediante calor seco a la resina directa, no encuentro resultados estadísticamente relevantes en estos valores. De igual manera (Fernandes Fischer *et al.*, 2013) no encontró mejoras en las propiedades mecánicas de la resina compuesta después de la termopolimerización adicional.

No obstante, Cruz *et al.* (2014) encuentra que al aplicar un tratamiento térmico adicional en autoclave, mejoran las propiedades mecánicas de resistencia a la flexión de las resinas compuestas (Filtek Z250), superando los valores obtenidos para el grupo sin termopolimerización adicional y para la resina directa Resin Lab de este estudio.

Otros estudios nos muestran que la termopolimerización potencia otras propiedades mecánicas, como De la Torre Maldonado (2016), quien concluyó que la termopolimerización complementaria en autoclave mejora significativamente la resistencia a la compresión y la deformación de la resina compuesta Filtek™ Z350XT.

A través de la presente investigación se pudo determinar que, la polimerización adicional mediante calor seco mejora la resistencia flexural, aunque sus valores no marcaron diferencias significativas en comparación al grupo control, así mismo se debería tener en cuenta que el proceso de termopolimerización adicional mediante agua disminuyó la resistencia a la flexión de la resina compuesta, concordando con los resultados de Lepequeur M, Surriaga P (2015); quien utiliza las resinas Filtek z350 y Ena Miscerium. y observa que el agua disminuye sus propiedades hasta en un 36,41%, esto se puede deber a que según Sharafeddin, Motamedi, & Fattah, (2015) (Gradia GC, Japón) al sumergir a la resina en agua, es este caso para someterla al proceso de termopolimerización, sus propiedades pueden disminuir por la correlación de la absorción y solubilidad de agua que posee la matriz orgánica de las resinas compuestas.

Al finalizar nuestra investigación, a pesar de las limitaciones existentes, los resultados aceptaron la hipótesis nula al establecer las resinas compuestas nanohíbridas utilizadas en restauraciones indirectas al ser sometidas a técnicas de termopolimerización adicional no mejoran la resistencia flexural. Sin embargo, se considera que se deberían hacer futuras investigaciones modificando el tipo de termopolimerización complementaria y tomando en consideración las demás propiedades que deben cumplir las restauraciones indirectas, para lograr que los procesos de polimerización adicional se cumplan con mayor éxito.

8. Conclusiones

- La resistencia flexural de la resina compuesta nanohíbrida (Tetric® N-Ceram Bulk Fill, Ivoclar Vivadent) utilizada en restauraciones indirectas sin someter a cambios de temperatura, es de 111,19035 Mpa, superando el valor establecido por la norma ISO 4049 de 80 Mpa.
- La resistencia flexural de la resina compuesta nanohíbrida (Tetric® N-Ceram Bulk Fill, Ivoclar Vivadent) utilizada en restauraciones indirectas sometida a 60°C en agua por 60 minutos es de 105,30630 Mpa.
- En el grupo experimental 2, la resistencia flexural de la resina compuesta nanohíbrida (Tetric® N-Ceram Bulk Fill, Ivoclar Vivadent) utilizada en restauraciones indirectas es de 115,6182 Mpa
- Se obtuvo mejores resultados de resistencia flexural en la resina compuesta sometida a 120°C en calor seco por 10 minutos con un aumento del 4% en comparación al grupo control.

9. Recomendaciones

- En el presente estudio se determinó la resistencia flexural de la resina compuesta Tetric® N-Ceram Bulk Fill, después de ser sometida a técnicas de termopolimerización, sin embargo, se recomienda utilizar otros métodos de termopolimerización y modificar los tiempos utilizados para observar su influencia en la resistencia flexural y en las demás propiedades de la resina compuesta.
- Se debería realizar estudios que incluyan las modificaciones de color y otros efectos negativos en las propiedades de la resina compuesta que se podrían presentar por temperaturas y tiempos superiores a los recomendados por la literatura, para así mejorar los protocolos a seguir durante los procesos de termopolimerización complementarios.
- En base a los diferentes métodos de polimerización complementaria que existen además de la termopolimerización se sugiere realizar un estudio en el que se comparen los efectos de estos procesos en las propiedades de la resina compuesta.
- Se recomienda realizar estudios incluyendo las resinas de tipo Bulk Fill, para analizar sus propiedades, utilizando las dimensiones recomendadas por el fabricante para este tipo de resinas compuestas en comparación a las convencionalmente utilizadas.

10. Bibliografía

- Acurio Benavente, P., Falcón Cabrera, G., & Casas Apayco, L. (2017). Comparación de la resistencia compresiva de resinas convencionales vs resinas tipo bulk fill. *Revista Odontología Vital*, 2(27), 69–77.
- Arossi, G., Ogliari, F., & Samuel, S. (2007). Polimerização complementar em autoclave, microondas e estufa de um compósito restaurador direto; The effect of post-cure heating in autoclave, microwave oven. *Rev. Odonto Ciênc*, 22(56), 177–180. Retrieved from <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=BBO&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=26340&indexSearch=ID>
- Augusto, J., & Tarazona, F. (2016). Nanotecnología aplicada a la odontología restauradora. Introducción La nanotecnología.
- Barrancos Mooney, Julio; Barrancos, P. J. (2006). *Operatoria dental: integración clínica*. (Medica Panamericana, Ed.) (4^a). Buenos Aires.
- Chaple, A., Montenegro, Y., & Álvarez, J. (2016). Evolución histórica de las lámparas de fotopolimerización. *Revista Habanera de Ciencias Médicas de La Habana*, 15(1), 8–16. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/297737002_Evolucion_historica_de_las_lamparas_de_fotopolimerizacion
- Chávez Romero, T., & Mantilla Torres, S. (2016). Comparacion de la fuerza de adhesion entre el ionómero de vidrio y la resina compuesta , con y sin grabado ácido. *Odontoinvestigación*, 18–33. Retrieved from http://www.usfq.edu.ec/publicaciones/odontoinvestigacion/Documents/odontoinvestigacion_n003/oi_003_002.pdf
- Cova Natera, J. L. (2010). *Biomateriales Dentales*.
- Cruz, F. F. L., Rodrigo, F. C., Carlos Henrique, T. B., Hélio, M. S.-J., José Renato, C. Q., & Leite, P. (2014). Efecto del tratamiento térmico y de fibras de polietileno en la resistencia a la flexión de resinas compuestas, 1–8.
- De la Torre Maldonado, J. S. (2016). *RESISTENCIA COMPRESIVA: ESTUDIO COMPARATIVO IN VITRO ENTRE UN CERÓMERO Y UNA RESINA DE NANOTECNOLOGIA SOMETIDA A DOS TIPOS DE COMPLEMENTACIÓN DE POLIMERIZACIÓN*.
- Diaz Pilamonte, J. A. (2015). *RESISTENCIA FLEXURAL Y PROFUNDIDAD DE POLIMERIZACIÓN: ESTUDIO IN VITRO DE UN COMPOSITE NANO-HÍBRIDO POLIMERIZANDO CON EXTRA PODER CUERPOS DE PRUEBA DE DIFERENTES ESPESORES*.
- Donoso Lizana, J. (2008). *ANÁLISIS COMPARATIVO IN VITRO, DE LA RADIOPACIDAD DE RESINAS COMPUESTAS FOTOPOLIMERIZABLES PRESENTES EN EL MERCADO ACTUALMENTE*.
- Ehrmantraut Nogales, M., Terrazas Soto, P., & Leiva Buchi, M. (2011). Sellado marginal en restauraciones indirectas, cementadas con dos sistemas adhesivos diferentes. *Revista Clínica de Periodoncia, Implantología Y Rehabilitación Oral*, 4(3), 106–109.

[https://doi.org/10.1016/S0718-5391\(11\)70075-1](https://doi.org/10.1016/S0718-5391(11)70075-1)

- Fernandes Fischer, N., Fernandes de Souza, D., Coelho –de-Souza, F. H., Klein –Júnior, C. A., Maciel Campos, L., & Galia Reston, E. (2013). ANALISIS COMPARATIVO DE LA MICRODUREZA SUPERFICIAL DE DOS RESINAS COMPUESTAS SOMETIDAS A COMPLEMENTACIÓN DE POLIMERIZACIÓN.
- Fernandez, I. M., Mogollones, R. F., & Castilla, M. V. (2013). Flexural Resistance of Esthetic Materials Used by Indirect Restoration. A Comparative in vitro Study. *Int. J. Odontostomat*, 7(2), 315–318.
- Fioranelli Vieira, G., Mello Ferreira, A., Garófalo, J. C., & Martins Agra, C. (1996). *Restauraciones Estéticas Indirectas en Dientes Posteriores*. (AMOLCA, Ed.).
- Freedman, G. (2015). *Odontología Estética Contemporánea – Tomo II*. (Amolca, Ed.).
- García, A. H., Angel, M., Lozano, M., Vila, J. C., Escribano, A. B., Galve, P. F., ... García, H. (2006). Resinas compuestas . Revisión de los materiales e indicaciones clínicas. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2006, 215–220. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2009.11.152>
- Garzón Flores, E. J. (2016). *ESTUDIO COMPARATIVO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA RESINA FILTEK P60 3M SOMETIDA A CALOR Y PRESIÓN; ESTUDIO IN VITRO*.
- Gomes Filho, E. B., Menezes Filho, P. F., Vicente Da Silva, C. H., Coelho Sinhoreti, M. A., ., & . (2008). EVALUACIÓN DE LA DUREZA KNOOP DE RESINA COMPUESTA EN FUNCIÓN DE LA VARIACIÓN DE LA TÉCNICA DE POLIMERIZACIÓN COMPLEMENTARIA.
- González, A. C. C., Caballero, A. D., & Silva, J. E. M. (2012). Uso de incrustaciones de resina compuesta tipo onlay en molares estructuralmente comprometidos. *Revista Cubana de Estomatología*, 49(1), 55–62.
- Guzmán, H. J., Henao, D., Hernández, L. R., Rivera, J. R., & Saavedra, M. C. (2013). Biomateriales odontológico de uso clínico, 77–79.
- Hernández Hernández, E. J., Ancona Meza, A. L., & Zamarripa Calderón, E. (2009). Efecto de la energía de polimerización sobre la resistencia flexural y módulo de flexión en la resina z-250®.
- Hirata, R. (2014). *Tips - Claves en odontología estética*.
- Huayhua Revolledo, N. D. (2013). Estudio comparativo in vitro de la resistencia compresiva de resinas compuestas microhíbridas y nanohíbridas. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, 96. Retrieved from http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/3073/1/Huayhua_re.pdf
- Lanata, E. J. (2008). *Atlas de operatoria dental*.
- Lepequeur M, Surriaga P, M. M. (2015). Efecto sobre microdureza y grado de conversión de dos tipos de resinas sometidas a tratamientos de pos polimerización. *Rev Nac Odontol*, 11(21), 1–14.
- Luna Salinas, T. I. (2017). *Estudio Comparativo Invitro: Resistencia a La Tracción Del Cemento Resinoso Dual Y La Resina Compuesta Precaentada Como Agente*

Cementante En Restauraciones Indirectas a Base De Cerómeros.

- Macchi, R. (2007). Materiales dentales. *Materiales Dentales*, 19–25.
- Malucín, M. D. L. Á. (2016). Comparación in vitro del grado de microfiltración de las resinas compuestas aplicadas mediante la técnica incremental con las resinas Bulk-fill colocadas mediante la técnica en bloque en cavidades clase I en molares humanos María de los Ángeles Malucín Ma, 1–45.
- Mella, P. A. (2006). Estudio comparativo in vitro de la resistencia al cizallamiento de resinas compuestas de nanotecnología reparadas con diferentes tipo de composite. *Repositorio. Uchile*, 77. Retrieved from <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/140003/Estudio-comparativo-in-vitro-de-la-resistencia-al-cizallamiento-de-resinas-compuestas.pdf?sequence=1>
- Millingalli Vega, H. S. (2016). *Determinar la resistencia a la compresión vertical en cuatro resinas de nanotecnología de dos casas comerciales en técnica combinada entre resina fluida y convencional a través de la técnica incremental en restauraciones clase II ocluso-distal*". QUITO.
- Miyazaki, C. L., Medeiros, I. S., Santana, I. L., Matos, J. D. R., & Rodrigues Filho, L. E. (2009). Heat treatment of a direct composite resin: influence on flexural strength. *Brazilian Oral Research*, 23(3), 241–7. <https://doi.org/S1806-83242009000300004> [pii]
- Nocchi Conceição, E. (2008). *Odontología restauradora: Salud y estética*. (Editorial Médica Panamericana, Ed.) (2ª). Buenos Aires.
- Palacio Mendieta, C. F. (2014). Evaluación de la resistencia flexural de resinas compuestas precalentadas utilizadas como agente cementante en restauraciones indirectas. Retrieved from <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/3421>
- Peñañiel, N., & León, I. (2017). Estudio In Vitro para evaluar el cambio cromático de la resina de nanorrelleno Filtek z350 XT con tiempos de fotopolimerización de 20 y 40 segundos sumergida en café.
- Pineda, E. B., & Alvarado, E. L. (2008). *Metodología de la investigación*.
- Ramírez Taco, D. P., & García Merino, I. R. (2016). RESISTENCIA FLEXURAL DE DOS MARCAS DE RESINA BULK FILL: ESTUDIO IN VITRO.
- Reis, A., & Dourado Loguércio, A. (2012). *Materiales Dentales Directos*. Retrieved from <https://issuu.com/guanabarakoogan/docs/reis-issuu-esp>
- Rodríguez , Douglas R; Pereira, N. (2008). Current trends and evolution on dental composites/ EVOLUCIÓN Y TENDENCIAS ACTUALES EN RESINAS COMPUESTAS. *Fundación Acta Odontológica Venezolana*, 46(3), 1–19.
- Rodríguez Villarreal, J. P. (2017). *ANÁLISIS POR ELEMENTO FINITO SOBRE LA RESISTENCIA MECÁNICA DE INCRUSTACIONES IN – LAY FABRICADAS EN CERÁMICA Y RESINA CON DIFERENTE DISTANCIA INTERCUSPIDEA*.
- Santa Cruz H, Y. (2011). RESISTENCIA FLEXURAL DE UNA RESINA DE NANOPARTÍCULAS UTILIZANDO DOS TÉCNICAS DE POLIMERIZACIÓN CON LUZ EMITIDA POR DIODOS.

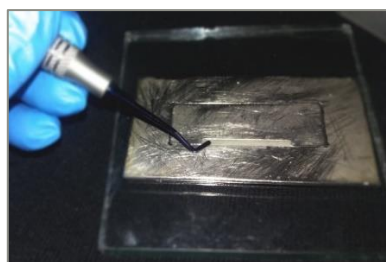
- Sharon, G., & Zambrano, B. (2013). “Coronas completas de resina en dientes anteriores como alternativa estética, funcional y económica.”
- Skinner, Eugene W; Phillips, R. W. (2004). *Ciencia de los materiales dentales*.
- Solis Pinargote, A. N., & Nataly, A. (2012). Estudio comparativo entre una carilla de porcelana y una carilla de resina compuesta. Retrieved from <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/2981>
- Wang, L., D’Alpino, P. H. P., Lopes, L. G., & Pereira, J. C. (2003). Mechanical properties of dental restorative materials: relative contribution of laboratory tests. *Journal of Applied Oral Science : Revista FOB*, 11(3), 162–167. <https://doi.org/10.1590/S1678-77572003000300002>

11. Anexos

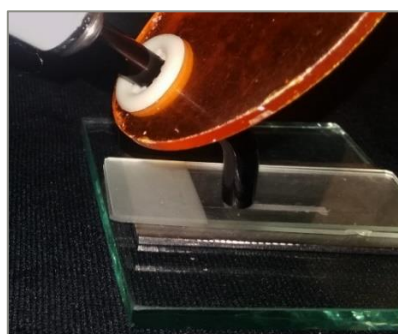
Anexo 1 Matriz metálica utilizada para elaborar bloques de resina



Anexo 2. Introducción de la resina compuesta dentro de la matriz metálica



Anexo 3. Fotopolimerización de los bloques de resina de manera estandarizada.



Anexo 4 Calibración de bloques de resina, de acuerdo a la norma ISO 4049.



Anexo 5 Termopolimerización GE1 en agua a 60°C durante 60 min..



Anexo 6 Termopolimerización del GE2 a 120°C en calor seco durante 10min.



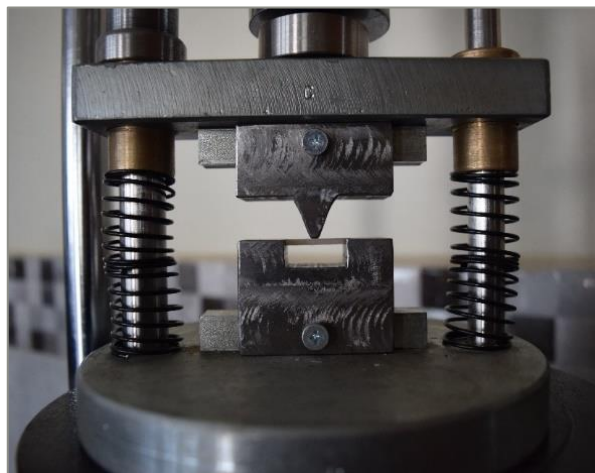
Anexo 7 Almacenamiento de las muestras según su grupo de estudio.



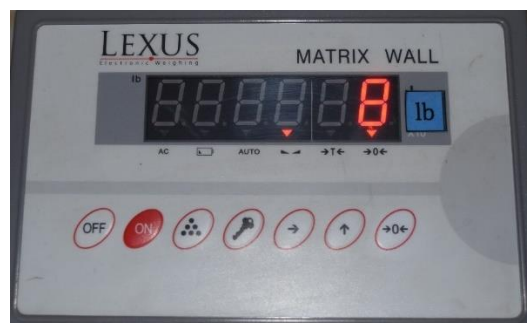
Anexo 8 máquina de ensayos Universal – MARSHALL PS2, adaptada para prueba de flexión en materiales dentales.



Anexo 9 Bloques de resina colocados para aplicar el ensayo de flexión de tres puntos.



Anexo 10 Registro de datos obtenidos del medidor digital.



Anexo 11: Aplicación del ensayo de resistencia flexural de las muestras en el laboratorio GEOCONS.

Fórmula para la conversión de los resultados dados por la máquina de ensayos universal de lbf a Mpa para la interpretación de la resistencia flexural de las muestras.

$$\sigma = \frac{M \cdot y}{I}$$

Donde:

σ , es la resistencia flexural máxima de la muestra.

M , es el momento flexionante durante la prueba.

y , es el eje neutro centroide de la muestra

I , momento de inercia transversal de la muestra.

Los resultados serán en N/mm² que es lo mismo que Mpa.

- Para obtener M , se aplica la siguiente fórmula:

$$M = \frac{P \cdot L}{4}$$

P: será el resultado dado por la máquina de ensayos universal representado en Newtons (**1 lbf = 4,44822 N**)

L: es la distancia entre los apoyos de la muestra, en nuestro caso es de 20mm para todas las muestras.

- Para obtener y , se aplica la fórmula $h/2$, donde h representa altura.

y o eje centroide neutro mantiene el equilibrio entre la deformación por contracción y tracción que se produce durante la flexión de un material, pasa por el centro de la muestra)

- Para obtener I , se aplica la siguiente fórmula:

$$I = 1 \frac{b \cdot h^3}{12}$$

Entendiendo a b como la base de la muestra y h como su altura.

Anexo 12: Informes de resultados del laboratorio GEOCONS



"GEOCONS" LABORATORIO

Geotecnia - Consultora & Constructora

Tel: 072-540907

Cel: 0994974048

PROYECTO	RESISTENCIA FLEXURAL DE UNA RESINA COMPUESTA NANOHÍBRIDA SOMETIDA A TÉCNICAS DE TERMOPOLIMERIZACIÓN ADICIONAL.		
SOLICITA	Sheyla Karol Monteza Iñiguez.	C.I: 1104695307	
EVALUADOR	Ing. Ramiro Jiménez Vega.		
UBICACIÓN	Loja, Loja	FECHA	2018 - 04 - 26

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN RESINA GRUPO CONTROL						
Nº	ESPESOR (mm)	ANCHO (mm)	DISTANCIA APOYOS (mm)	CARGA (Lb)	CARGA (N)	RESISTENCIA FLEXURAL (Mpa)
MUESTRA 1						
	2.1	2.1	20	8	35,583	115,315
MUESTRA 2						
	2	2	20	7	31,137	116,785
MUESTRA 3						
	2	2	20	8	35,583	133,469
MUESTRA 4						
	2.1	2.1	20	6	26,689	86,492
MUESTRA 5						
	2	2	20	8	35,583	133,469
MUESTRA 6						
	2.1	2	20	7	31,137	105,935
MUESTRA 7						
	2.1	2	20	6	26,689	90,808
MUESTRA 8						
	2.1	2.1	20	8	35,583	115,315
MUESTRA 9						
	2.1	2	20	8	35,583	118,010
MUESTRA 10						
	2	2	20	7	31,137	116,785
MUESTRA 11						
	2.1	2.1	20	8	35,583	115,315
MUESTRA 12						
	2	2	20	5	22,241	83,424
MUESTRA 13						
	2.2	2.1	20	6	26,689	78,792
MUESTRA 14						
	2	2	20	7	31,137	116,785
MUESTRA 15						
	2	2	20	8	35,583	133,419
MUESTRA 16						
	2.1	2	20	8	35,583	118,010



MUESTRA 17						
	2	2	20	7	31,137	116,785
MUESTRA 18						
	2	2	20	8	35,583	133,469
MUESTRA 19						
	2	2	20	6	26,689	100,108
MUESTRA 20						
	2	2.1	20	6	26,689	95,317

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN RESINA GRUPO EXPERIMENTAL #1						
Nº	ESPESOR (mm)	ANCHO (mm)	DISTANCIA APOYOS (mm)	CARGA (Lb)	CARGA (N)	RESISTENCIA FLEXURAL (Mpa)
MUESTRA 1						
	2	2	20	7	31,137	116,792
MUESTRA 2						
	2	2	20	7	31,137	116,792
MUESTRA 3						
	2	2	20	7	31,137	116,792
MUESTRA 4						
	2	2	20	6	26,689	100,108
MUESTRA 5						
	2	2	20	7	31,137	116,792
MUESTRA 6						
	2	2	20	6	26,689	100,108
MUESTRA 7						
	2.1	2	20	6	26,689	90,985
MUESTRA 8						
	2	2	20	7	31,137	116,792
MUESTRA 9						
	2	2	20	6	26,689	100,108
MUESTRA 10						
	2	2	20	6	26,689	100,108
MUESTRA 11						
	2.1	2	20	6	26,689	90,985
MUESTRA 12						
	2	2	20	6	26,689	100,108
MUESTRA 13						
	2	2	20	6	26,689	100,108
MUESTRA 14						
	2	2	20	7	31,137	116,792
MUESTRA 15						
	2	2	20	6	26,689	100,108
MUESTRA 16						
	2	2	20	7	31,137	116,792




MUESTRA 17						
	2	2	20	5	22,241	83,424
MUESTRA 18						
	2	2	20	8	35,583	122,216
MUESTRA 19						
	2	2	20	6	26,689	100,108
MUESTRA 20						
	2	2	20	6	26,689	100,108

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN RESINA GRUPO EXPERIMENTAL #2						
N	ESPESOR (mm)	ANCHO (mm)	DISTANCIA APOYOS (mm)	CARGA (Lb)	CARGA (N)	RESISTENCIA FLEXURAL (Mpa)
MUESTRA 1						
	2	2	20	7	31,137	116,792
MUESTRA 2						
	2	2	20	7	31,137	116,792
MUESTRA 3						
	2	2	20	8	35,583	133,852
MUESTRA 4						
	2	2	20	6	26,689	100,108
MUESTRA 5						
	2	2	20	8	35,583	133,852
MUESTRA 6						
	2	2	20	6	26,689	100,108
MUESTRA 7						
	2	2.1	20	7	31,137	111,203
MUESTRA 8						
	2	2	20	7	31,137	116,792
MUESTRA 9						
	2	2	20	7	31,137	116,792
MUESTRA 10						
	2	2	20	7	31,137	116,792
MUESTRA 11						
	2	2	20	8	35,583	133,852
MUESTRA 12						
	2	2	20	7	31,137	116,792
MUESTRA 13						
	2	2	20	7	31,137	116,792
MUESTRA 14						
	2	2	20	6	26,689	100,108
MUESTRA 15						
	2	2	20	8	35,583	133,852
MUESTRA 16						
	2	2	20	6	26,689	100,108



MUESTRA 17						
	2.1	2	20	6	26,689	90,985
MUESTRA 18						
	2.1	2	20	7	31,137	106,148
MUESTRA 19						
	2	2	20	8	35,583	133,852
MUESTRA 20						
	2	2	20	7	31,137	116,792



 ING. RAMIRO JIMÉNEZ
 RESPONSABLE GEOTÉCNICO



Anexo 13: Cronograma para las pruebas de flexión del laboratorio GEOCONS



"GEOCONS" LABORATORIO

Geotecnia - Consultora & Constructora

Tel: 072-540907
Cel: 0994974048

PROYECTO	RESISTENCIA FLEXURAL DE UNA RESINA COMPUESTA NANOHÍBRIDA SOMETIDA A TÉCNICAS DE TERMOPLIMERIZACIÓN ADICIONAL.		
SOLICITA	Sheyla Karol Monteza Iñiguez	C.I:	1104695307
EVALUADOR	Ing. Ramiro Jiménez Vega (Geocons)		
UBICACIÓN	Loja, Loja	FECHA	26/04/2018

CRONOGRAMA DE PRUEBAS

PRUEBA PILOTO DE MUESTRAS RESINA NANOHÍBRIDA (Tres grupos)	PRUEBAS DE RESISTENCIA FLEXURAL EN TRES PUNTOS.
VIERNES 20/04/2018 14H00 – 16H00	LUNES 23/04/2018 10H00 - 12H00
	MARTES 24/04/2018 08H00 – 10H00

ING. RAMIRO JIMÉNEZ

RESPONSABLE GEOTÉCNICO



Anexo 14: Preproyecto de tesis.

Tema: “Resistencia flexural de una resina compuesta nanohíbrida sometida a técnicas de termopolimerización adicional”

Problemática

Las resinas compuestas se han introducido en el campo de la odontología conservadora para minimizar los defectos de las resinas acrílicas que hacia los años 40 habían reemplazado a los cementos de silicato, hasta entonces los únicos materiales estéticos disponibles. (Adela Hervás García M. A., Resinas compuestas, Revisión de los materiales e indicaciones clínicas, 2006)

Desde que Bowen introdujo los materiales polímeros a la odontología en la década de los sesenta, a partir de la reacción entre monómeros vinílicos y epóxicos denominados Bis-GMA o bis-metacrilato de glicidilo, se han observado constantes evoluciones tanto en la composición de la matriz orgánica como en el tamaño y composición de sus partículas de carga. (Cruz, Carvalho, & Henri, 2014)

Hoy en día uno de los materiales más usados dentro de odontología son las resinas compuestas, que tienen una gran aceptación por su alta biocompatibilidad, estética y resistencia. La introducción de las resinas compuestas indirectas se ha hecho principalmente para compensar los inconvenientes de las resinas compuestas directas.

Entre las ventajas propuestas, son el potencial para lograr contactos positivos interproximales, menos contracción de polimerización, y un mejor sellado marginal debido al proceso de polimerización que tiene lugar en un entorno de laboratorio. El uso de resinas compuestas directas en la confección de restauraciones indirectas es una alternativa para estas situaciones. (Ehrmantraut N, Terrazas S., & Leiva B., 2011)

Sin embargo, para que el uso de la resina en restauraciones indirectas sea efectivo y competitivo en relación a la gran cantidad de materiales disponibles, se hace necesario el empleo de una polimerización adicional de las resinas directas, para ayudar a formar mayor número de enlaces cruzados de la matriz orgánica, concediendo mejores propiedades mecánicas y químicas como estabilidad, rigidez y uno de los principales factores por analizar es la resistencia flexural que puede interpretarse como una

medida colectiva de fuerzas de tracción, compresión y cizallamiento. (Cruz, Carvalho, & Henri, 2014)

Este fenómeno se explica por el aumento del grado de conversión de las resinas sometidas al calentamiento próximo a la temperatura de transición vítrea de la interfaz polimérica (entre 125 y 150°C), durante una hora, permitiendo una mayor movilidad de los monómeros libres y mayor flexibilidad de las cadenas poliméricas, obteniendo nuevas reacciones en los radicales activados. Periodos mayores de tiempo en vez de generar mejores propiedades mecánicas, pueden causar decoloraciones en la resina y no se recomiendan. (Cruz, Carvalho, & Henri, 2014)

Otra ventaja promovida por el curado adicional mediante el tratamiento térmico es la evaporación de cerca del 1,3% de la porción orgánica de la matriz y la disminución de la liberación de monómeros libres, lo cual resulta en un material con menos componentes de pobres propiedades mecánicas y con mayor biocompatibilidad, pues los monómeros libres son sustancias ácidas y tóxicas para los tejidos vivos. (Cruz, Carvalho, & Henri, 2014)

El aumento de la temperatura del material restaurador antes de colocarlo en la cavidad oral recientemente ha ganado popularidad entre los profesionales dentales. En general, el precalentamiento provoca una reducción de la viscosidad que promueve la mejora de la adaptación marginal, propiedades de manejo mejoradas aumento de la velocidad de polimerización, el grado de conversión y la mejora de propiedades mecánicas y físicas. (Tantbirojn, 2011)

Así mismo cabe destacar que ante el uso de resina compuesta como material de restauración indirecta existen materiales con mayor estabilidad y rigidez, por lo tanto al someter la resina compuesta a métodos de polimerización adicional trataremos de contrarrestar algunos de los problemas que este material directo trae consigo al momento de elaborar restauraciones indirectas, como por ejemplo, contracción de polimerización (en menor cantidad que en una restauración directa), fractura de los márgenes de la restauración, cambios de coloración, fractura completa de la restauración indirecta, entre otros. Haciendo de la resina compuesta un material mucho más competente dentro de los materiales de restauración indirecta. (Alberto Carlos Cruz González, 2012)

Por lo tanto, de acuerdo con estos estudios potenciaríamos las propiedades físicas de la resina compuesta directa, volviéndola una opción mucho más competente para realizar restauraciones indirectas, sin embargo, el procedimiento por el cual debemos realizar el curado adicional mediante tratamiento térmico y la manera en que se afecta la resistencia flexural después de este paso son aspectos que aun requieren de investigación.

Justificación

En la actualidad el material más indicado para restauraciones directas con compromiso estético es la resina compuesta. Sin embargo, cuando se presentan situaciones clínicas con pérdidas importantes de estructuras dentaria por caries, fractura de paredes y/o cúspides o por desgaste de la superficie oclusal, la aplicación de resinas compuestas por métodos directos se ven sobreexigidas, como también la atención del operador. Para resolver estas situaciones se recurre a técnicas de restauración indirectas. (Barrancos Mooney, 2006)

Con el desarrollo de los sistemas de cementación adhesiva y el aumento de las exigencias de tratamientos estéticos, se incrementa el uso de materiales cerámicos y resinas compuestas microhíbridas y nanohíbridas que, por sus propiedades físicas y mecánicas, gran estabilidad del color y afinidad por el principio de preservación de las estructuras dentales remanentes, le confieren mayor aceptación en la elaboración de incrustaciones, coronas y prótesis fijas. La resina compuesta indirecta se introduce como una alternativa de bajo costo que ofrece restauraciones estéticas y funcionales de alto rendimiento. (Alberto Carlos Cruz González, 2012)

Y con el fin de mejorar el comportamiento físico-mecánico de las resinas compuestas directas cuando son aplicados en restauraciones indirectas, se presentan diversos métodos de polimerización adicional, uno de estos es la exposición a una mayor temperatura de la restauración indirecta, para así mejorar sus propiedades mecánicas (Conceição, 2008).

Esto se debe a que el aumento de la temperatura al que son sometidas, mejora las propiedades ópticas, brinda mayor estabilidad química, disminuye de la liberación de monómeros libres, aumenta la resistencia flexural, reduce el grado de contracción a la polimerización, disminuyendo así la fractura de los bordes de las restauraciones indirectas con su posterior desadaptación y concediendo prolongar el tiempo de vida de estas restauraciones indirectas realizadas con la resina compuesta. (Cruz, Carvalho, & Henri, 2014)

Teniendo en cuenta que las zonas de contacto dentarios directos, soportan fuerzas de hasta de 179 MPa, los valores de resistencia a la flexión y compresión de los materiales restauradores también deben ser altos. (Cabezas González, Posada Ayala, Arce Muñoz, López Moreno, & Garzón, 2005). Ya que la deformación de las resinas compuestas producida por las cargas masticatorias puede superar su límite y pasar de ser reversible a comprometer su integridad o llegar a un punto de fractura. (Cruz, Carvalho, & Henri, 2014)

En base a lo expuesto, el presente proyecto de investigación tiene como objetivo determinar la resistencia flexural de una resina compuesta nanohíbrida sometida a técnicas de termopolimerización adicional, con la finalidad de mejorar sus propiedades mecánicas y utilizar esta resina en restauraciones indirectas obteniendo un mayor éxito y longevidad de la restauración.

Objetivos

Objetivo General

Determinar la resistencia flexural de una resina compuesta nanohíbrida sometida a técnicas de termopolimerización adicional.

Objetivos específicos

- Establecer la resistencia flexural de la resina compuesta nanohíbrida (TETRIC® N-CERAM BULK FILL, Ivoclar Vivadent) utilizada en restauraciones indirectas sin someter a cambios de temperatura.
- Evidenciar la resistencia flexural de la resina compuesta nanohíbrida (TETRIC® N-CERAM BULK FILL, Ivoclar Vivadent) utilizada en restauraciones indirectas sometida a 60°C en agua por 60 minutos.
- Determinar la resistencia flexural de la resina compuesta nanohíbrida (TETRIC® N-CERAM BULK FILL, Ivoclar Vivadent) utilizada en restauraciones indirectas sometida a 120°C de temperatura en calor seco por 10 minutos.
- Comparar que técnica de termopolimerización adicional logró resultados más significativos en la resistencia flexural de la resina compuesta.

Hipótesis

Las resinas compuestas nanohíbridas utilizadas en restauraciones indirectas al ser sometidas a técnicas de termopolimerización adicional mejoran la resistencia flexural.

Marco teórico

CAPÍTULO I: RESINAS COMPUESTAS NANOHÍBRIDA

- a. Reseña histórica resina compuesta
- b. Clasificación de las resinas compuesta de acuerdo al tamaño de sus partículas.
- c. Resinas nanohíbridas
 - Composición resina compuesta nanohíbrida
 - Propiedades mecánicas de la resina compuesta nanohíbrida
 - i. Resistencia a la fatiga
 - ii. Resistencia a la Compresión
 - iii. Resistencia a la Tracción
 - iv. Módulo de elasticidad
 - v. Resistencia al Desgaste
 - vi. Dureza Superficial
 - vii. Resistencia a la flexión
 1. Definición
 2. Importancia de la resistencia flexural
 3. Resistencia a la flexión resina compuesta nanohíbrida

CAPÍTULO II: RESTAURACIONES INDIRECTAS ELABORADAS CON RESINA COMPUESTA NANOHÍBRIDA

- a. Antecedentes
- b. Restauraciones indirectas elaboradas con resina compuesta
 - Restauraciones rígidas parciales (RRP): incrustaciones y carillas.
 - Restauraciones rígidas totales (RRT) o coronas.

CAPÍTULO III: POLIMERIZACIÓN COMPLEMENTARIA DE LOS SISTEMAS INDIRECTOS DE RESINA COMPUESTA

- a. **Principios de la Fotopolimerización**
 - i. Unidades de fotopolimerización
 - ii. Fases de Fotopolimerización.
 - iii. Factores que influyen en el grado de fotopolimerización
- b. Polimerización convencional de los sistemas indirectos de resina compuesta.
- c. Termopolimerización adicional de los sistemas indirectos de resina compuesta.
 - i. Sistema indirecto de resina compuesta fotopolimerizable con polimerización adicional por calor seco.
 - ii. Sistema indirecto de resina compuesta fotopolimerizable con polimerización adicional mediante agua caliente.

Materiales y métodos

Tipo y Diseño del estudio

El presente estudio será de tipo in vitro, transversal, prospectivo, experimental y comparativo, debido a que se realizarán pruebas en especímenes para comparar dos técnicas de termopolimerización y su efecto en la resistencia flexural de la resina compuesta nanohíbrida (TETRIC® N-CERAM BULK FILL, Ivoclar Vivaden) utilizada en restauraciones indirectas. (PINEDA B, 2008)

Universo y Muestra

El estudio estará conformado por una muestra de 60 bloques de resina compuesta (Pineda, 2008), que serán divididos en 3 grupos de 20 unidades de estudio, conformado por bloques de resina compuesta nanohíbrida (Tetric® N-Ceram Bulk Fill). (Acurio, Falcón, & Casas, 2017).

Criterios de inclusión

- Todos los bloques de resina compuesta que cumplan con las especificaciones y dimensiones dadas por las normas de estandarización ISO 4049

Criterios de exclusión

Serán excluidos del estudio todas las muestras con las siguientes características:

- Bloques de resina fracturada.
- Resina compuesta sin fotopolimerizar.
- Bloques con burbujas o fisuras que alteren su integridad.
- Bloques de resina con dimensiones inadecuadas.

Las muestras descartadas serán reemplazadas por nuevas unidades de estudio que cumplan con las características de la norma ISO 4049.

Operacionalización de las variables

Variable	Concepto	Dimensión	Indicador	Escala
Resistencia flexural o módulo de *ruptura	propiedad de un material que se manifiesta como esfuerzos ocurridos justo antes de ceder en una prueba de flexión	Biomecánico	MPa= Megapascal (Máquina de ensayos Universal)	Razón
Temperatura	La Temperatura es una magnitud que mide el nivel térmico o el calor que un cuerpo posee.	Termodinámica	°C	Intervalo

Materiales y Equipos

- 4 tubos de resina compuesta nanohíbrida (TETRIC® N-CERAM BULK FILL IVW, Ivoclar Vivadent). (Acurio, Falcón, & Casas, 2017)
- 1 matriz metálica elaborada bajo condiciones de ISO4049, con un espacio entre ellas de 25mm de longitud, 2mm de ancho y 2mm de espesor. (Cruz, Carvalho, & Henri, 2014)
- 1 Portamaterial o gutaperchero
- 1 Loseta de vidrio
- 1 Caja de guantes de nitrilo
- 1 Cámara fotográfica (SONY DSC-H300)
- 1 Calibrador Digital Pie De Rey
- 2 porta objetos (Santa Cruz Y. , 2011)
- 1 Lámpara de Fotopolimerización (GNATUS OptiLigth Max-1200mW/cm2) (Chávez & Mantilla , 2016)
- 1 Esterilizador electrónico de calor seco (modelo PANACEA 431) (Arossi, Ogliari, Samuel, & Busato, 2007)
- 1 Máquina de Ensayos Universales (MARSHALL PS25) (Palacio, 2014)
- 1 calentador de agua casero

5.1 Metodología

Para el presente estudio se utilizará una muestra de 60 bloques de resina compuesta directa nanohíbrida TETRIC® N-CERAM BULK FILL (Ivoclar Vivadent), elaborados de manera estandarizada según la norma ISO 4049 (para ensayos de propiedades mecánicas de las resinas), la cual determina medidas para dichos especímenes en prueba (25mm de largo x 2 mm de ancho x 2 mm de espesor) para lograr que los bloques cumplan con esta norma se usara una matriz metálica con un espacio en el centro de 25x2x2mm. (Palacio, 2014).

Para lograr una superficie lisa en los bloques de resina compuesta directa nanohíbrida (TETRIC® N-CERAM BULK FILL) se colocará una loseta de vidrio debajo de la matriz metálica. Posteriormente se realizará incrementos de resina nanohíbrida de 2 mm cada una con ayuda de un portamaterial o gutaperchero (Acurio, Falcón, & Casas, 2017).

Siguiendo el protocolo de fotocurado utilizando la lámparaGNATUS Optilight, con una potencia de 1200mW/Cm² en modo rampa, a una distancia de 2 mm, en un ángulo de 90° durante 20 segundos, siguiendo una dirección de derecha, centro e izquierda del bloque de resina. Para estandarizar la distancia de fotocurado en cada bloque, se colocará entre la resina y la lámpara dos portaobjetos los mismos que miden 1 mm cada uno. (Santa Cruz Y. , 2011)

Una vez obtenido los 45 bloques de resina se usará el calibrador digital Pie de Rey para comprobar que las dimensiones de cada uno sean las correctas.

Luego se procederá a dividir los bloques en tres grupos de manera aleatoria, detallados a continuación:

- a. **Grupo Control:** conformado por 20 bloques de resina compuesta directa nanohíbrida TETRIC® N-CERAM BULK FILL, sin someterlos a cambios de temperatura.
- b. **Grupo Experimental 1:** integrado por 20 bloques de resina compuesta nanohíbrida TETRIC® N-CERAM BULK FILL, sumergidos en agua a una temperatura de 60°C por 60 min. (Palacio, 2014)

- c. **Grupo Experimental 2:** consta de 20 bloques de resina compuesta nanohíbrida TETRIC® N-CERAM BULK FILL, sometidos a 120°C de temperatura en calor seco por 10 min. (Cruz, Carvalho, & Henri, 2014)

Una vez realizado el procedimiento mencionado, los bloques serán conservados a temperatura ambiente dentro de bolsas ZIPLOC selladas y correctamente etiquetadas de acuerdo al grupo correspondiente, facilitando su identificación hasta el momento de la colocación en la prensa de ensayos Universal. (Palacio, 2014)

A continuación, se llevarán los tres grupos a la máquina de ensayos Universal – MARSHALL PS25, iniciando con el Grupo Control; cada muestra será apoyada en dos bases colocadas de manera equidistante en sus extremos y con una base en la parte central superior que permitirá dirigir las fuerzas al centro del bloque de resina.

Inmediatamente la maquina dirigirá la fuerza al centro de la muestra de manera paulatina a una velocidad de 1.7 cm/min hasta registrar la resistencia flexural máxima antes del momento de fractura (Palacio, 2014).

Estos datos serán presentados en MPa (Megapascuales) en el formato estándar del informe de resultados del laboratorio GEOCONS, encargado de llevar a cabo las pruebas de flexión, posteriormente serán registrados en la ficha de observaciones para su final análisis e interpretación.

Una vez obtenidos los resultados de las pruebas de flexión de las 60 muestras que conformarán el estudio se procederá a realizar el análisis estadístico que permita establecer los resultados de la presenta investigación.

Procesamiento y análisis de resultados

Para el análisis de los datos se utilizará el programa SPSS versión 22.0 para determinar si hay relación entre las variables y si existe una diferencia estadísticamente significativa entre los porcentajes de resistencia flexural de la resina compuesta directa nanohíbrida TETRIC® N-CERAM BULK FILL (Ivoclar Vivadent) después de ser sometida a aumentos de temperatura. (Santa Cruz, 2011)

Presupuesto

Detalle	Cantidad	Descripción	Costo	Total	Financiamiento
Guantes	1	Caja	7 \$	7 \$	Tesista
Mascarillas	1	Caja	4 \$	4 \$	Tesista
Loseta De Vidrio	1	Unidad	5 \$	5 \$	Tesista
Portamaterial	1	Unidad	10 \$	10 \$	Tesista
Lámpara De Fotopolimerización Gnatus Optiligth Max	1	Unidad	220 \$	220 \$	Tesista
Matriz Metálica	1	Matriz	30 \$	30 \$	Tesista
Resina Compuesta Nanohíbrida (Tetric® N-Ceram Bulk Fill, Ivoclar Vivadent).	4	Tubo	50 \$	200 \$	Tesista
Pruebas en Máquina De Ensayos Universales Marshall Ps25	60	Unidad	5 \$	300 \$	Tesista
1 Cámara Fotográfica (Sony Dsc-H300)	1	Unidad	200 \$	200 \$	Tesista
Porta Objetos	2	Unidad	1 \$	1 \$	Tesista
Calentador De Agua Casero	1	Unidad	50 \$	50 \$	Tesista
Esterilizador Electrónico De Calor Seco Panacea 431	1	Unidad	250 \$	250 \$	Tesista
Calibrador Digital Pie De Rey	1	Unidad	30 \$	30 \$	Tesista
Movilización	1	Unidad	50 \$	50 \$	Tesista
Impresiones	1	Unidad	50 \$	50 \$	Tesista
Bolsas ZIPLOC	1	Unidad	5 \$	5 \$	Tesista
Total				1.407 \$	

Elaborado por: Autor

Anexo 15: Certificado de traducción



**FINE-TUNED ENGLISH
LANGUAGE INSTITUTE**

Miércoles, 18 de julio de 2018

CERTIFICADO

Yo, **Gabriela Beatriz Obaco Guaycha** Licenciada en Educación mención **Ingles**, docente del Instituto Fine-Tuned English, certifico que el resumen de la tesis titulada **“RESISTENCIA FLEXURAL DE UNA RESINA COMPUESTA NANOHÍBRIDA SOMETIDA A TÉCNICAS DE TERMOPOLIMERIZACIÓN ADICIONAL”** de la autoría de la Srta. Sheyla Karol Monteza Iñiguez con número de cédula 1104695307, fue traducido por mi persona y apruebo el uso del mismo para los fines legales correspondientes.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'G. Obaco Guaycha', written over a horizontal dotted line.

Lcda. Gabriela Obaco Guaycha

Anexo 16 Certificación del laboratorio *GEOCONS*



"GEOCONS" LABORATORIO

Geotecnia - Consultora & Constructora

Tel: 072-540907

Cel: 0994974048

Loja, 20 de agosto de 2018

Ing. Ramiro Jiménez Vega

Responsable Geotécnico

Por el presente, certifico que la señorita Sheyla Monteza con cedula de identidad N°1104695307 ha realizado las pruebas de resistencia flexural para la ejecución del proyecto de tesis titulado "RESISTENCIA FLEXURAL DE UNA RESINA COMPUESTA NANOHÍBRIDA SOMETIDA A TÉCNICAS DE TERMOPLIMERIZACIÓN ADICIONAL", para el cual se realizó las adecuaciones necesarias a la Maquina De Ensayos Universal MARSHALL PS25, asegurando de esta manera que se cumpla con los requerimientos técnicos necesarios para la aplicación del ensayo de resistencia flexural en las muestras de resina compuesta nanohíbrida.

Saludos cordiales.

Ing. Ramiro Jiménez Vega
Responsable Geotécnico

GEOCONS
GEOTECNIA CONSULTORA & CONSTRUCTORA
RUC: 1103587653001