

**Resistencia a la compresión de resina compuesta tipo Bulk. Estudio in vitro de tres casas
fabricantes**

**Ingrid Alejandra romero Ramírez, María Fernanda Zambrano Ojeda, Marlon Alfredo
Baldovino Badillo**

Trabajo de grado para optar el título de Especialistas en Rehabilitación oral

Directora

Emelina Toloza Ramírez

Especialista en Rehabilitación Oral y Endodoncia

Universidad Santo Tomas, Bucaramanga

División de Ciencias de la Salud

Especialización en Rehabilitación Oral

2024

Agradecimientos

En este momento nos invade una inmensa gratitud y satisfacción al haber culminado nuestra tesis de posgrado en Rehabilitación Oral. Este logro no habría sido posible sin el apoyo y colaboración de muchas personas a las que deseamos expresar nuestro más sincero agradecimiento.

En primer lugar, queremos agradecer profundamente a nuestro director de proyecto, la Dra. Emelina Toloza Ramírez por su guía incondicional, su paciencia y su invaluable conocimiento que nos han guiado en cada etapa de este proyecto. Sus consejos y críticas constructivas fueron fundamentales para la realización de este trabajo. Agradecemos también a la Universidad Santo Tomás de Bucaramanga, por brindarnos los recursos y el entorno académico necesario para llevar a cabo nuestra investigación. El acceso a bibliotecas, laboratorios y otras facilidades ha sido crucial para el desarrollo de nuestra tesis.

A nuestros compañeros de investigación, por su colaboración constante y por compartir este camino con nosotros. La camaradería y el trabajo en equipo han hecho de esta experiencia algo realmente enriquecedor. A nuestras familias y amigos, les agradecemos por su comprensión, paciencia y apoyo incondicional durante todo este proceso. Sus palabras de aliento y su apoyo emocional nos han sostenido en los momentos más difíciles.

Este logro es el resultado del esfuerzo colectivo y la dedicación de todos los mencionados. A todos, nuestro más profundo y sincero agradecimiento.

Contenido

1. Introducción.....	12
2. Resistencia a la compresión de resina compuesta tipo Bulk. Estudio in vitro de tres casas fabricantes	14
2.1 Planteamiento del problema	14
2.2 Justificación	16
3. Marco teórico	17
3.1 Rehabilitación de dientes.....	18
3.2 Materiales dentales	18
3.2.1 Resinas.....	18
3.2.2 Clasificación de las resinas compuestas según el tamaño de las partículas	21
3.2.3 Clasificación de las resinas compuestas según su viscosidad/ fluidez	22
3.3 Resinas mono bloque / Bulk Fill	24
3.3.1 Composición la composición de las resinas Bulk Fill	24
3.3.2 Adhesivo.....	25
3.3.3 Adhesión.....	25
3.3.4 Estética dental.....	26
4. Hipótesis	26
4.1 Hipótesis alternativa	27
4.2 Hipótesis nula	27
5. Objetivos.....	27
5.1 Objetivo general	27
5.2 Objetivos específicos	27

6.	Materiales y métodos.....	28
6.1	Tipo de estudio	28
6.2	Población de estudio.....	28
6.3	Tamaño de muestra y tipo de muestreo	28
6.4	Criterios de selección	29
6.4.1	Criterios de inclusión.....	29
6.4.2	Criterios de exclusión	29
6.5	Variables	29
6.6	Instrumento de recolección de datos	30
6.7	Procedimiento.....	31
6.8	Análisis estadístico	36
6.8.1	Análisis univariado.....	36
6.8.2	Análisis bivariado.....	36
6.9	Prueba piloto.....	37
6.10	Consideraciones éticas	37
7.	Resultados.....	38
7.1	Resultados generales	38
7.2	Resistencia compresiva	38
7.3	Tiempo de fractura	39
8.	Discusión	40
8.1	Conclusiones.....	47
8.2	Recomendaciones	48
8.2.1	Recomendaciones con fines investigativos	48

8.2.2 Recomendaciones clínicas	49
Referencias.....	50
Apéndice	56

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Resultados generales</i>	38
Tabla 2. <i>Resistencia compresiva y desplazamiento</i>	39
Tabla 3. <i>Tiempo de fractura en segundos</i>	40

Lista de figuras

Figura 1. <i>Medición bloques resina 4x4 mm</i>	32
Figura 2. <i>Bloque obtenido de matriz metálica</i>	33
Figura 3. <i>Monobloque resina Ivoclar Vivadent</i>	34
Figura 4. <i>Proceso de fotocurado</i>	34
Figura 5. <i>Máquina de ensayo Shimadzu AG-1 250kN</i>	35

Lista de apéndices

Apéndice A. <i>Tabla de operacionalización</i>	56
Apéndice B <i>Instrumento</i>	57
Apéndice C. <i>Plan de análisis</i>	58

Glosario

Bulk Fill: material restaurativo dental compuesto diseñado para ser colocado en incrementos grandes (Ilie, 2011).

Máquina de compresión Shimadzu: esta máquina universal de ensayos realiza tracción, compresión, y la prueba de flexión de los materiales (Corporación Shimadzu, 2023)

Newtons: unidad de fuerza del sistema internacional, equivalente a la fuerza que, aplicada a un cuerpo cuya masa es de 1 kilogramo, le comunica una aceleración de 1 metro por segundo cada segundo (RAE, s.f).

Resistencia compresiva: la capacidad demostrada por un material para resistir presiones verticales medida (Borja, 2018).

Tiempo de fractura: tiempo en segundos en el que se presenta una separación de sólido cuando este es sometido a un esfuerzo en dos o más de sus partes (López, 2018).

Resumen

Introducción: la resistencia a la compresión, es una característica de las resinas que hace referencia a la capacidad de un material para resistir fuerzas compresivas antes de fracturarse, por esta razón, se busca un material restaurador posea propiedades físicas, químicas y mecánicas que promuevan un funcionamiento óptimo en el reemplazo del tejido dental perdido **Objetivo:** Describir la resistencia compresiva tres tipos de resinas bulk fotopolimerizadas con un mismo sistema de lámpara por 10 segundos. **Metodología:** estudio experimental in vitro de abordaje cuantitativo cuya muestra obedece a 93 láminas de resina diseñadas bajo los mismos parámetros distribuidas en 3 grupos, cada uno de 31 muestras de resina bulk; • Grupo 1: resina filtek one bulk 3m, Grupo 2: bulk fill tetric ceram ivoclar, y Grupo 3: opus bulk fill – FGM, con aposición en monobloque de 4mm y foto polimerizadas durante 10 segundos con una unidad de curado tipo LED VALO GRAND ultradent (Potencia Plus 1600mw/cm², para despuest ser sometidas a fuerzas compresivas mediante la máquina de ensayos Shimadzu hasta la fractura. Finalmente, el análisis estadístico se realozó por medio de por medio de las pruebas de Anova / Kruscal Wallis. **Resultados:** La máxima resistencia compresiva fue de fue de 1771,87 N con una DE ($\pm 390,5$). La resina que reportó mayor residencia compresiva fue la filtek one bulk-3m, seguida por la filtek one bulk-tetric ceram y la Opus bulk fill– FGM. El tiempo de fractura máximo fue de 101,5 segundos con un rango intercuartílico de 79,7 – 121,9 segundos correspondiente a la resina filtek one bulk-tetric ceram **Conclusión:** Existen diferencias estadísticamente significativas en los niveles de resistencia compresiva entre los tres tipos de resina bulk, con Filtek One y Tetric EvoCeram presentando valores ligeramente superiores a Opus Bulk Fill

Palabras clave: fuerza compresiva, resistencia al corte, prostodoncia, composite

Abstract

Introduction: compression resistance is a characteristic of resins that refers to the ability of a material to resist compressive forces before fracturing. For this reason, a restorative material is sought that has physical, chemical and mechanical properties that promote optimal performance in the replacement of lost dental tissue. **Objective:** describe the compressive strength of three types of bulk resins photopolymerized with the same lamp system for 10 seconds. **Methodology:** in vitro experimental study with a quantitative approach whose sample consists of 93 resin sheets designed under the same parameters distributed in 3 groups, each with 31 bulk resin samples; • Group 1: Filtek one Bulk 3m resin, Group 2: Bulk Fill Tetric Ceram Ivoclar, and Group 3: Opus Bulk Fill – FGM, with 4mm monobloc apposition and photos polymerized for 10 seconds with a VALO GRAND LED type curing unit. ultradent (Power Plus 1600mw/cm², to then be subjected to compressive forces using the Shimadzu testing machine until fracture. Finally, the statistical analysis was carried out through the Anova / Kruskal Wallis tests. **Results:** The maximum Compressive strength was 1771.87 N with an SD (± 390.5). The resin that reported the highest compressive residence was filtek one Bulk-3m, followed by filtek one Bulk-tetric ceram and Opus Bulk Fill–. FGM The maximum fracture time was 101.5 seconds with an interquartile range of 79.7 – 121.9 seconds corresponding to the filtek one Bulk-tetric ceram resin. **Conclusion:** There are statistically significant differences in the levels of compressive strength between the three types of bulk resin, with Filtek One and Tetric EvoCeram presenting slightly higher values than Opus Bulk Fill.

Keywords: compressive strength, prosthodontics, composite, shear strength

1. Introducción

Los biomateriales dentales han evolucionado dentro la industria odontológica con el fin de encontrar soluciones a distintos tipos de problemas, como, por ejemplo; hallar una semejanza al color natural del diente o mejorar la resistencia a fuerzas compresivas del material. Por lo tanto, las diferentes casas comerciales, cada día se preocupan por crear materiales con gran similitud a la estructura dental realizando diversas modificaciones en la fase orgánica, inorgánica del material y en los sistemas fotoiniciadores que sirven para el proceso de polimerización del material. (Chesterman, 2017). El uso de las resinas compuestas, se remonta al año 1962, cuando el Dr. Bowen las introdujo en la odontología como un biomaterial que reemplazaría la resina acrílica mejorando sus componentes y características físicas dentro de las cuales se destaca la resistencia compresiva, que en la actualidad siguen siendo motivo de estudio en el área de la salud oral (Cisneros, 2017)

La resistencia a la compresión, es la capacidad que tiene un cuerpo de resistir las fuerzas o presión que tienden a destruirlo, por esta razón, se busca un material restaurador posea propiedades físicas, químicas y mecánicas que promuevan un funcionamiento óptimo en el reemplazo del tejido dental perdido como un adecuado módulo de elasticidad, resistencia flexural, resistencia al desgaste y una buena resistencia compresiva. (Moezzyzadeh, 2012, p.2).

Actualmente, existen en el mercado una gran diversidad de resinas compuestas que permiten ofrecer un buen tratamiento de operatoria dental al paciente, según la profundidad y complejidad de la cavidad a restaurar.

Dentro de las técnicas de restauración dental con resina, se distinguen principalmente dos enfoques: la técnica incremental convencional y la técnica en bloque. La primera consiste en aplicar la resina compuesta en capas de aproximadamente 2 mm de espesor (Arbildo, 2020). Por

otro lado, la técnica en bloque, que ha ganado popularidad en la actualidad, implica la aplicación de resina en incrementos de hasta 4 mm de espesor mediante el sistema Bulk Fill (Mahn, 2014) ofreciéndole tanto al paciente como al operador, la optimización del tiempo clínico y del tiempo del trabajo, lo que representa un gran beneficio (Nocchi, 2008; Leprince, 2014), la cual es motivo de estudio de la presente investigación.

Por otro lado, es importante tener presente que el proceso de polimerización de las resinas compuestas genera una contracción de polimerización entre la interface diente-restauración, por una falla adhesiva o cohesiva, causando una separación de la restauración de las paredes de la cavidad, lo que genera microfiltración de bacterias, causando caries adyacente a la restauración, hipersensibilidad e incluso el fracaso por fractura del material (resina) (Abuelenain, 2015)

En suma, dados los pros y los contras expresadas anteriormente con relación al uso de las resinas tipo *Bulk fill*, así como la técnica de restauración en bloque hasta 4mm, y la importancia del manejo de la longitud de onda de la lámpara de foto curado, se realiza la presente investigación in vitro de abordaje cuantitativo, cuyo principal objetivo es describir la resistencia compresiva de las resinas Bulk en Newtons (N) de tres casas comerciales diferentes, con el mismo espesor de capa (4mm) y con el mismo protocolo; una unidad de curado tipo LED VALO GRAND ultradent (Potencia Plus 1600mw/cm²) durante 10s, al someterlas a fuerzas generadas por la máquina de ensayo Shimadzu.

2. Resistencia a la compresión de resina compuesta tipo Bulk. Estudio in vitro de tres casas fabricantes

2.1 Planteamiento del problema

Las resinas compuestas son el material de mayor uso en el área de odontología restaurativa por sus propiedades funcionales y estéticas, lográndose excelentes resultados tanto mecánicos como físicos (Marcarian y Talone, 2019, p.2). Este biomaterial se encuentra conformado por Bis-GMA o monómeros, el material de relleno mejor conocido como la sílica y un agente foto iniciador, lo que finalmente le atribuye las propiedades físico-mecánicas que van a determinar el rendimiento del material (Nocchi, 2015). La evolución dada por las resinas compuestas, han permitido mejorar las propiedades y características del material, mediante la modificación de los componentes y agentes fotoactivadores como la Camphorquinona; encargados de la fotopolimerización (Modori, 2020).

El estudio de las fuerzas compresivas en materiales como las resinas Bulk es fundamental debido a sus aplicaciones en diversas áreas, como la odontología, la ingeniería biomédica y la fabricación de dispositivos. Para el caso puntual de la odontología, estas resinas, por lo general, se utilizan en restauraciones dentales del sector posterior, donde se requiere un material con alta resistencia mecánica, durabilidad y características estéticas. Las fuerzas compresivas son comunes en estas aplicaciones debido a la naturaleza de las interacciones físicas en las cuales los materiales están involucrados, como las fuerzas producidas por la masticación. Siendo necesario conocer su comportamiento sin desgastarse ni fracturarse prematuramente, pues esto genera un impacto directamente en la seguridad y la satisfacción del paciente, así como en la longevidad del material (Santos, 2020).

Por otro lado, aunque incorporación de este material en el mercado de los composites permite reconocer que el comportamiento físico y mecánico de este material es importante; si la polimerización del material no se logra correctamente a nivel químico, pueden producirse fallas cuando se aplican fuerzas compresivas, ya que esto favorece la ruptura del material. De hecho, los compuestos de resina de fotopolimerización muestran una penetración limitada de la luz visible a través de su volumen, por ende, una disminución de la polimerización al aumentar la profundidad (Derchi, 2018, p.1).

Un incorrecto procedimiento restaurativo está encadenado a varios factores dentro de los cuales se encuentran; la falta de polimerización de las resinas compuestas, inadecuada intensidad y longitud de onda, tipo de lámpara, la misma que tiene como función activar los fotoiniciadores de las resinas para lograr que el material se fotopolimerice de manera adecuada, dentro de los cuales los más usados son canforquinona, fenilpropanodiona y lucirán, a través de una fuente de luz. Por otro lado, en las regiones más profundas de la cavidad a restaurar, pueden recibir una cantidad insuficiente de intensidad de luz, afectando así las propiedades de la resina, quedando en duda si el incremento en eficacia y simplicidad que brinda la resina Bulk, compromete la calidad y estética de la restauración. Por lo anterior se propone la siguiente pregunta de investigación (Moradas, 2017, p.1).

¿Cuál es el comportamiento mecánico de las resinas Bulk Fill: ¿filtek one bulk 3M, Bulk fill tetric ceram ivoclar y Opus bulk fill– FGM frente a fuerzas compresivas generadas por la máquina de ensayo Shimadzu?

2.2 Justificación

El avance de los conocimientos, técnicas y materiales en la odontología dental, lleva al profesional de la salud oral a mantenerse a la vanguardia, para aplicar en sus prácticas clínicas y ofrecer un mejor servicio (Gutiérrez, 2020, pp.131-138). Dentro de estos conocimientos, deben estar incluidas las propiedades mecánicas del biomaterial, como la resistencia compresiva, que facilite la elección de la técnica y el material a utilizar en determinado caso, lo que a su vez se verá reflejado en el éxito y longevidad del tratamiento restaurador (Mendoza, 2022).

Restaurar los dientes con materiales adecuados que permitan restablecer la morfología y función dental es fundamental (Anusavice, 2013). Por esto, el desarrollo de una nueva técnica de restauración en bloque denominado *Bulk fill*, en la cual la resina compuesta es aplicada en incrementos de hasta 4mm de espesor debido a que este material es nuevo en el mercado, es de gran interés para la comunidad estudiantil, y más aún, dada la limitada evidencia científica en cuanto a las propiedades físico-mecánicas de estos materiales en comparación con otras casas comerciales (Mahn, 2014).

En resumen, la resina bulk ofrece excelentes resultados por su combinación de propiedades, como resistencia, estética y facilidad de manipulación. Es por esto que, al estudiar el comportamiento bajo compresión, se puede, comprobar su resistencia ante fuerzas similares a las masticatorias del sector posterior y en base a los resultados, hacer ajustes en la composición de la resina (por ejemplo, en la proporción de monómeros, rellenos y aditivos) para mejorar su desempeño mecánico y funcionalidad en aplicaciones. Analizar el comportamiento de las resinas bajo estas ayuda a predecir su vida útil y cómo se desgastarán o se modificarán con el tiempo, lo cual es clave para asegurar que los materiales sigan siendo funcionales y estéticamente agradables (Santos, 2020).

El presente estudio, ofrecerá conocimiento nuevo respecto a la resistencia compresiva de este nuevo composite, lo que a su vez será un soporte de peso y fuente de información científica para los odontólogos, la cual ayudará a definir un mejor plan de tratamiento. Además, servirá como base para abrir una nueva línea de investigación.

Para los profesionales de la salud oral y especialistas en rehabilitación oral, la presente investigación es una herramienta que permite definir el tipo de restauración a emplear, procurando mejorar los tiempos de abordaje en consulta odontológica, y de acuerdo al área operatoria a abordar, escoger el material que mayor resistencia compresiva ofrezca teniendo presente la casa comercial, el área y/o profundidad operatoria a trabajar y la longitud de onda de la lámpara de fotocurado. Además, da a conocer el correcto protocolo para efectuar el procedimiento, evitando el fracaso y potenciando sus propiedades para un mejor desarrollo y comportamiento clínico del material.

3. Marco teórico

Para obtener una restauración dental que cumpla con las características necesarias, se debe iniciar un diagnóstico asertivo y realizar de acuerdo a este un plan de tratamiento donde el objetivo sea reestablecer la función oclusal de una paciente, como también recuperar la estética a través de la rehabilitación oral. Por lo tanto, en la rehabilitación oral de los dientes afectados se plantea lo siguiente.

3.1 Rehabilitación de dientes

La odontología permite realizar diferentes tratamientos restauradores que sustituyen de manera casi completa la porción coronal del diente, permitiendo restaurar un diente, debemos tener en cuenta la preservación de los tejidos.

3.2 Materiales dentales

Los materiales dentales son la base fundamental de la odontología restauradora, donde a través de procedimientos realizados por parte del odontólogo, logramos recuperar estructuras dentales perdidas y devolver su anatomía y función. Por lo tanto, es importante conocer cada una de las propiedades de las resinas para identificarlos correctamente y hacer un buen uso de cada uno de estos materiales restaurativos, se necesita identificar su estructura interna, para poder ver cuál va a ser su comportamiento físico, mecánico y fisicoquímico en su uso odontológico (Rodríguez, 2022).

3.2.1 Resinas

Las resinas son un material restaurativo muy usado actualmente en odontología, material con muy buenas propiedades estéticas, este suele presentar una desventaja y es que es sensible a la humedad.

En la actualidad existen variedades de resinas, las cuales nos brindan una gran cantidad de propiedades mecánicas, físicas, comportamiento clínico y estético (Okuda, 2005).

Las resinas presentan una matriz orgánica compuesta por bisfenol lícido metacrilato, uretano de metacrilato y monómeros, un relleno inorgánico que puede ser cuarzo, zirconita o silicatos de aluminio (García, 2006).

Unos de los factores que influyen a la hora de la selección del material son la extensión y localización de la restauración. Muchas veces las resinas no van con fines de solucionar un problema funcional sino estético, hoy en día las resinas han tomado un papel muy importante frente a otros materiales restauradores debido a que sus propiedades estéticas ofrecen variedad de indicaciones terapéuticas (Okuda, 2005).

Composición

Al ser un material bifásico está constituido por dos partes una que corresponde a una matriz orgánica polimerizable que es la que nos brinda la característica de endurecimiento y un relleno inorgánico que determina las características mecánicas y ópticas (Henostroza, 2010, p.233).

Matriz orgánica

La matriz orgánica está formada por: monómeros, inhibidores, modificadores de color y sistema iniciador/activador (Reis y Dourado, 2012, p.138).

Monómeros

Son el componente fundamental de la matriz orgánica ya que poseen la función de crear una “masa plástica” la cual será moldeada y reemplazará a la estructura del diente perdida. Estos monómeros a su vez están constituidos por dimetacrilatos aromáticos o alifáticos (Reis y Dourado, 2012, p.138).

Entre los monómeros más usados sobresalen: Bis-GMA (bisfenol glicidil metacrilato) y UDMA (dimetacrilato de uretano) que poseen elevado peso molecular; los monómeros TEGDMA (dimetacrilato de trietilenglicol) y EGDMA (dimetacrilato de etilenglicol) de bajo peso molecular (Reis y Dourado, 2012, pp.138-139) El peso molecular superior eleva viscosidad y reduce la flexibilidad, lo cual hace que BisGMA obtenga un menor grado de transformación al entorno y

una menor contracción de polimerización comparadas con aquellas que están compuestas por TEGDMA como compuesto principal (Reis y Dourado, 2012, pp.139-140).

Inhibidores

Con el objetivo de impedir una polimerización abierta, los composites poseen inhibidores que neutralizan los radicales libres y permiten así controlar los tiempos del tratamiento e impedir la polimerización prematura (Hirata, 2012, p.106). Se encuentran en una cantidad de 0.01% (Reis y Dourado, 2012, p. 143), entre los más utilizados tenemos: hidroxitolueno butílico, hidroquinonas y oxígeno; este último a más de transformar los radicales libres en hidroxiperóxidos estables, permite que una parte del material no enlazado a la cadena polimérica esté disponible para la adición de nuevas capas de resina. No obstante, cuando ya no se deba agregar más material se debe restringir esta acción mediante el uso de glicerina hidrosoluble o matrices de tereftalato de polietileno (Brenna, et ál., 2010, pp. 246-247).

Modificadores de color

La amplia gama de colores en resinas permite reproducir las estructuras dentales, es así que para obtener estas modificaciones se requiere la incorporación de pigmentos inorgánicos (óxidos metálicos), estos en mayores concentraciones produce colores similares a la dentina y en menores concentraciones colores para la restauración de esmalte (Reis y Dourado, 2012, p.144).

Sistema iniciador/activador

La reacción de adición permite que los monómeros se polimericen, esta se inicia con la generación de radicales libres los cuales son formados por estímulos físicos o químicos. Debido a “esta” connotación muchos materiales son clasificados en dos grupos: resinas compuestas activadas químicamente y resinas compuestas fotoactivadas (Reis y Dourado, 2012, p.144)

Relleno inorgánico

Representan del 50-84% en peso molecular, su presencia en las resinas cumple un papel importante ya que eleva las propiedades mecánicas y disminuye la cantidad de matriz orgánica y por ende sus desventajas tales como: contracción de polimerización, abrasión, fragilidad, resistencia compresiva, coeficiente de expansión térmico lineal (CETL) y sorción de agua (Reis y Dourado, 2012, p.146).

3.2.2 Clasificación de las resinas compuestas según el tamaño de las partículas*Resinas compuestas macro particuladas*

Son las resinas tradicionales se caracterizan por tener partículas de sílice amorfa o cuarzo con tamaños de 8-12 μ m razón por la cual fueron clasificadas como macro particuladas, sus partículas se fracturaban por grandes cargas masticatorias, sumado a esto la radio lucidez similar a los tejidos dentarios no permitía la indagación de fracturas o caries secundaria (Reis y Dourado, 2012, p.148).

Resinas compuestas de partículas pequeñas

Se crearon con la finalidad de obtener superficies lisas, pero con una mejora en las propiedades mecánicas, para realizar su fabricación se trituraron partículas de vidrio de 1-5 μ m permitiendo una distribución más adecuada y por ende un mayor porcentaje en volumen (65-77%) (Reis y Dourado, 2012, p.150).

A pesar de brindar mejores propiedades físicas, estas mostraban menor contracción de polimerización y radiopacidad comparadas al macro y micro particuladas; su pulido no supera al presentado por las resinas micro particuladas (Reis y Dourado, 2012, p.150).

Resinas compuestas microparticuladas

Son resinas conocidas como resinas de micro relleno, el tamaño de las partículas de sílice en este tipo de resinas varía de 0.04-0.4 μ m, esto se relaciona con una reducida dureza y a su vez con un acabado más liso de las superficies (Reis y Dourado, 2012, p. 148).

Por otra parte, las partículas de sílice requieren gran cantidad de matriz orgánica, pero al estar en una magnitud pequeña elevan la viscosidad del material haciendo que su manipulación sea difícil (Reis y Dourado, 2012, p. 148).

Resinas compuestas híbridas

tratando de buscar una superficie lisa, pero conservando las propiedades mecánicas obtenidas con las resinas de partículas pequeñas. El término híbrido hace referencia a dos tipos de partículas: sílice coloidal de 0,04 μ m y vidrio en tamaños de 1- 5 μ m; obteniendo así un total en volumen de 60-66% (Reis y Dourado, 2012, p.150).

Resinas compuestas nanoparticuladas

La nanotecnología ha permitido avanzar en cuanto a materiales con dimensiones de 0.01-100nm; a través de esta tecnología se han desarrollado partículas de sílice con diámetros de 1- 1980nm que combinadas con un agente de unión forman aglomerados (nanoclusters) hasta 75nm (Reis y Dourado, 2012, p. 152).

3.2.3 Clasificación de las resinas compuestas según su viscosidad/ fluidez

Las resinas compuestas están clasificadas en: baja, media y alta viscosidad (Reis y Dourado, 2012, p.155).

Las resinas de alta viscosidad cuentan con una gran cantidad de matriz orgánica, por ende, son indicadas para restaurar el sector posterior, aunque su utilización requiera de cierta presión durante su colocación y adaptación a la cavidad (Baratieri et ál, 2011, p.115).

Con el afán de superar las múltiples desventajas que presentan las resinas de alta viscosidad se crearon las resinas de baja viscosidad llamadas también resinas fluidas; cuya menor cantidad de carga en su composición permite el acceso del material a sitios de difícil acceso, el sellado de fosas y fisuras, la cementación de restauraciones indirectas y como capa intermedia entre el sistema adhesivo y la resina convencional (Baratieri, et ál, 2011, p.115).

Propiedades físicas

Es la fase de transformación de monómeros en polímeros, reflejados en el cambio de la resina (Reis y Dourado, 2012, p.158).

Absorción de agua y solubilidad

en medio acuso Los monómeros utilizados en las resinas son hidrofóbicos, a pesar de esta característica se observa absorción de agua en la matriz resinosa produciendo dos efectos: liberación de monómeros residuales que formaran puentes de hidrógeno con el agua del medio bucal y expansión higroscópica que permite la disminución de fisuras en la interfase diente/restauración (Reis y Dourado, 2012, p. 161).

Vectores de contracción las resinas compuestas

No se contraen hacia el centro de la masa ya que se encuentran adheridas a las paredes por medio del sistema adhesivo por lo tanto se contraen en esa dirección (Hirata, 2012, p.394).

Con la finalidad de disminuir la contracción de polimerización se han empleado métodos tales como: elevar el peso molecular de los monómeros para reducir las uniones covalentes y formar una cadena polimérica estable, aumentar la cantidad de partículas inorgánicas

disminuyendo así el contenido de la matriz orgánica, reducir el factor de configuración cavitaria, a través de la técnica incremental y variación de las fases de polimerización (Reis y Dourado, 2012, p.158)

Factor C

El factor C o factor de configuración constituye un elemento importante en cuanto a la capacidad de aliviar las tensiones procedentes de la contracción de polimerización de la resina en relación con las paredes de la cavidad dentaria (Hirata, 2102, p.395).

Se define como “la relación entre las superficies adheridas y no adheridas en una cavidad preparada (Masioli, 2013, p. 130).

la presencia de mayor número de partículas inorgánicas reduce la cantidad de matriz como por ejemplo en las resinas microhíbridas y de partículas pequeñas con alta viscosidad (Reis y Dourado, 2012, p.159).

3.3 Resinas mono bloque / Bulk Fill

Es una nueva generación de resinas compuestas que fueron creadas en 2010 con el objetivo de reducir la cantidad de capas colocadas durante el procedimiento de una restauración y el tiempo clínico de trabajo (Rosatto, et ál, 2015).

Su aplicación se indica en una sola capa o mono bloque de 4-5mm para cavidades clase I, II y V de Black (Tiba et ál, 2013) (Kim et ál, 2015).

3.3.1 Composición la composición de las resinas Bulk Fill

No se diferencia mucho de las resinas compuestas convencionales. La matriz orgánica está compuesta de monómeros como: Bis-GMA, UDMA, TEGDMA, EBPDMA, no obstante, en

ciertos casos se han adicionado monómeros diferentes o modificados con la finalidad de mejorar sus propiedades (Rosatto, et ál, 2015).

Propiedades mecánicas Estudios realizados han demostrado que esta nueva generación de resinas presenta una mayor fluidez para una mejor adaptación, mayor resistencia a la deformación cuspídea debido al reducido estrés de contracción de polimerización lo que permite que presente una mayor resistencia a la fractura (Rosatto, et ál, 2015).

En cuanto al uso de resinas de relleno fluidas se recomienda la adición de una capa de resina convencional de 2mm en la superficie oclusal con el fin de mejorar las propiedades mecánicas y estéticas (Rosatto, et ál., 2015; Furness, et ál., 2014; Leprince et ál., 2014; Ilie y Stark, 2014)

3.3.2 Adhesivo

Presenta una propiedad muy particular y es que permite la adhesión de un material a la superficie del esmalte dentinario, este soporta fuerzas de contracción durante la polimerización de la resina compuesta y también promueve a que produzca una mejor retención e integridad de una pieza dentaria restauradora (Moreira, 2004).

3.3.3 Adhesión

Consiste en la unión de diferentes materiales a las principales sustancias de los dientes como lo son el esmalte y la dentina para posterior proceso de restauración. Este proceso ha permitido hoy en día que los odontólogos conserven mayor parte de la pieza dental de los pacientes al realizar tratamientos que impliquen el desgaste de esta pieza y que este sea remplazado por materiales adhesivos al diente(Moreira, 2004).

3.3.4 *Estética dental*

La apariencia dental es un aspecto de suma importancia ya que este influye en las interacciones sociales, por lo que podemos decir que la estética dental influye directamente en los procesos de selección o exclusión social, de relaciones amistosas, románticas y profesionales. Desde esta perspectiva, se podría afirmar que actualmente debe estar incluida la estética dental en los planes de salud bucal, considerando que la satisfacción con la apariencia propia, y las buenas relaciones interpersonales son importantes para el bienestar psicológico y social de una persona (Padilla 2022).

3.4 Tipos de fuerza aplicados a la resina

Las resinas deben ser capaces de resistir las fuerzas oclusales, las cuales se pueden medir mediante la resistencia a la flexión del material, su rigidez y la resistencia a la ruptura (Sabbagh et al, 2002). La resistencia compresiva de los materiales se refiere a la capacidad para soportar presiones verticales antes de romperse, siendo esta propiedad crucial durante el proceso de masticación, teniendo en cuenta que son varias las fuerzas involucradas en la masticación tienen un carácter compresivo (Hassan, 2014). La prueba adecuada para determinar el módulo de elasticidad de las resinas es la flexión (Ilie et al., 2017). La rigidez de los materiales empleados en restauraciones dentales debería, idealmente, ser similar a la del tejido dental. Los materiales utilizados para las restauraciones deben poseer un módulo de elasticidad comparable o superior al de la dentina, con el fin de evitar daños en la interfaz entre el material y la dentina (Ruiz et al., 2003).

4. Hipótesis

4.1 Hipótesis alternativa

Existen diferencias significativas de la resistencia compresiva entre las resinas Bulk Fill filtek one bulk 3M, Bulk fill tetric ceram ivoclar y Opus bulk fill – FGM fotopolimerizadas con un mismo sistema de lámpara después de ser sometidas a la máquina de ensayo Shimadzu.

4.2 Hipótesis nula

No se evidencian diferencias significativas de la resistencia compresiva entre las resinas Bulk Fill filtek one bulk 3M, Bulk fill tetric ceram ivoclar y Opus bulk fill – FGM fotopolimerizadas con un mismo sistema de lámpara después de ser sometidas a la máquina de ensayo Shimadzu.

5. Objetivos

5.1 Objetivo general

Establecer la resistencia compresiva tres tipos de resinas bulk fotopolimerizadas con un mismo sistema de lámpara por 10 segundos.

5.2 Objetivos específicos

Determinar la máxima resistencia compresiva en Newtons de las resinas bulk fill fotopolimerizadas con un mismo sistema de lámpara.

Establecer cuál de las tres resinas bulk fill fotopolimerizadas con un mismo sistema de lámpara, presentó mayor resistencia compresiva en Newtons

Determinar el tiempo de ocurrencia de fractura máximo y mínimo de las resinas bulk fill una vez sometidas a fuerzas compresivas

6. Materiales y métodos

6.1 Tipo de estudio

Se realizó un estudio experimental in vitro de abordaje cuantitativo, que corresponde a una técnica utilizada para realizar un experimento en un ambiente controlado fuera de un organismo vivo (Hernández, 2014). En este se midió la resistencia compresiva en tres resinas bulk con un mismo sistema de polimerización al someterlo a una fuerza compresiva mediante una máquina de ensayo Shimadzu.

6.2 Población de estudio

Se utilizaron 3 tipos de resina bulk fill, en las cuales se incluyeron las resinas filtek one bulk-3m, bulk fill tetric ceram ivoclar y opus bulk fill – FGM. Este tipo de resinas poseen excelente resistencia compresiva, convirtiéndola en una resina adecuada para cavidades profundas, la cual puede colocarse en bloques únicos con incrementos de 4mm.

6.3 Tamaño de muestra y tipo de muestreo

La muestra estuvo conformada por 93 láminas de resina Bulk diseñadas en un molde del mismo diámetro, las cuales fueron distribuidas de la siguiente manera: 31 moldes se confeccionaron con resina filtek one bulk-3m, 31 moldes con la resina bulk fill tetric ceram ivoclar

y finalmente 31 moldes con la resina opus bulk fill – FGM en los cuales se colocaron incrementos de 4mm de espesor.

6.4 Criterios de selección

6.4.1 Criterios de inclusión

Láminas resina Bulk Fill

Láminas de G-CAM con medidas de 4 x 4 mm

Láminas con bordes definidos

6.4.2 Criterios de exclusión

Material fracturado

Material con signos de desgaste

Material caduco

6.5 Variables

Para esta investigación se identificaron variables dependientes como:

Variable: resistencia compresiva

Definición conceptual: propiedad mecánica importante de las resinas debido a la gran carga masticatoria que se debe soportar durante la masticación.

- *Definición operativa:* propiedad mecánica importante de las resinas a evaluar medidas a través de la máquina de ensayos shimadzu.

Naturaleza: cuantitativa

Escala de medición: continua

Valor que asumen: valores obtenidos en newton

- *Variable: tiempo*

Definición conceptual: magnitud física con la que se mide la duración de acontecimientos.

Definición operativa: tiempo que transcurre desde el inicio de la prueba en la máquina de ensayos shimadzu hasta la fractura del diente

Naturaleza: cuantitativa

Escala de medición: continua

Valor que asumen: tiempo en segundos

Mientras tanto, la variable independiente es:

- *Variable: resina*

Definición conceptual: materiales que se utilizan para la reconstrucción parcial de las estructuras para devolver al diente sus características anatómicas, funcionales y estéticas.

Definición operativa: son materiales utilizados para la reconstrucción de dientes. Las resinas bulk poseen excelente resistencia compresiva, convirtiéndola en una resina adecuada para cavidades profundas, la cual puede colocarse en bloques únicos con incrementos de 4mm

Naturaleza: cualitativa

Escala de medición: nominal politómica

Valor que asumen: tipos de resina (1) resinas filtek one bulk-3m, (2) bulk fill tetric ceram ivoclar y (3) opus bulk fill– FGM. (Ver apéndice A tabla de operacionalización de variables).

6.6 Instrumento de recolección de datos

Para la realización del instrumento de recolección de datos, se tomaron y organizaron las variables de la investigación en un cuadro de fácil diligenciamiento en el cual contiene la casilla para

consignar el tipo de resina a analizar, resistencia a la compresión en newton y tiempo de fractura en segundos. Este fue revisado en la prueba piloto para saber si era necesario incluir nuevas variables (Ver apéndice B instrumento).

6.7 Procedimiento

La presente investigación tuvo como principal objetivo evaluar la resistencia a la compresión de 3 tipos de resina Bulk Fill distribuidos de la siguiente manera:

Selección de resinas y organización de los grupos

- Grupo 1: resina filtek one bulk 3m.
- Grupo 2: bulk fill tetric ceram ivoclar.
- Grupo 3: opus bulk fill - FGM

Los grupos se conformaron homogéneamente por 31 muestras cuadradas de cada tipo de resina, con una medida de 4 mm x 4 mm, mismas que fue confeccionadas por los investigadores del presente proyecto.

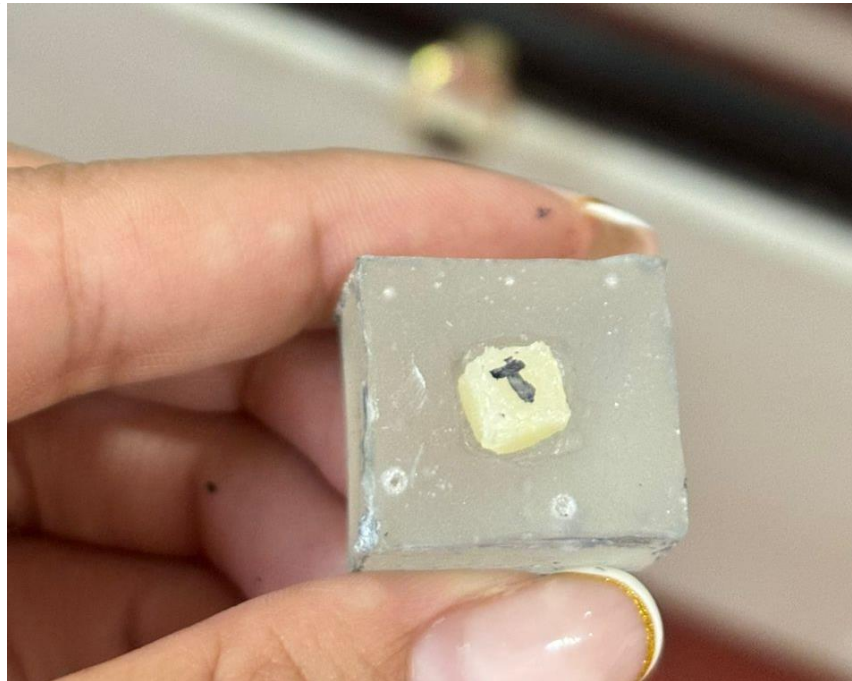
Figura 1. *Medición bloques resina 4x4 mm*



Confeción de las matrices para la resina

En el laboratorio dental de la clínica odontológica de la Universidad Santo Tomas sede Floridablanca, se realizaron 93 matrices metálicas prefabricadas de forma cilíndrica (4x4 mm) de acero inoxidable para la preparación de las muestras

Figura 2. *Bloque obtenido de matriz metálica*

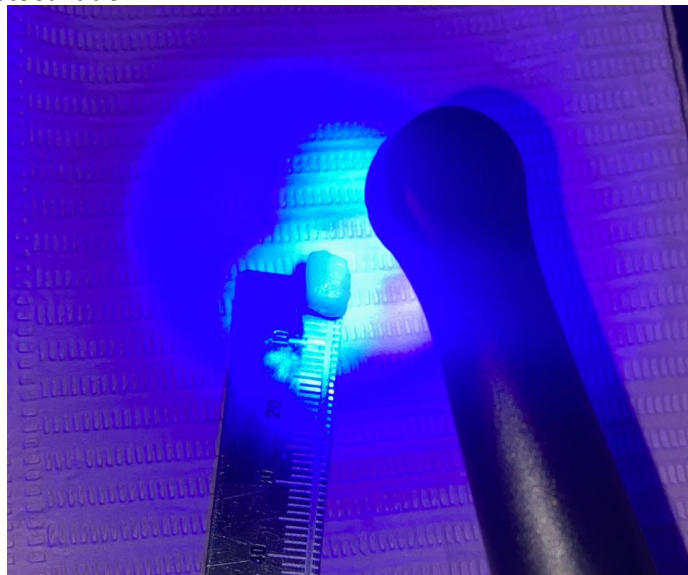


Preparación de las muestras de resinas

Las 93 muestras de composite, fuerin confeccionadas utilizando unas matrices metálicas prefabricadas de forma cilíndrica (4 x 4 mm), con una espátula para resina (Hu-Friedy) de las resinas filtek one bulk-3m, bulk fill tetric ceram ivoclar y opus bulk fill – FGM, las cuales se colocaron en una sola aplicación con un incremento de capa de 4mm de espesor en cada molde (según indicaciones del fabricante) por el mismo investigador para evitar modificaciones en el proceso mencionado anteriormente.

Figura 3. *Monobloque resina Ivoclar Vivadent*

Luego, las muestras se preservaron fuera de la luz natural para evitar su fotopolimerización previa al uso de la lámpara. Luego, todas las muestras de las resinas tipo *Bulk fill* se fotoactiactivaran usando el mismo protocolo con una unidad de curado tipo LED VALO GRAND ultradent (Potencia Plus 1600mw/cm²) durante 10 segundos, procedimiento realizado por el segundo investigador.

Figura 4. *Proceso de fotocurado*

Una vez fotocuradas las muestras, se procedió a desmoldar y proceder a introducirlas en la máquina de ensayo, esto para lograr el acople de las muestras a la máquina de prueba de compresión Shimadzu AG-1 250kN, lo cual fue realizado por el tercer investigador.

Máquina de ensayo Shimadzu (Shimadzu AG-1 250kN)

Se solicitó el permiso para el uso de la máquina al Decano de la Facultad de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Santo Tomas de Bucaramanga. Se evaluó la resistencia compresiva de cada una de las muestras (Figuras 1 a 3), con la maquina previamente calibrada.

Figura 5. Máquina de ensayo Shimadzu AG-1 250kN



Nota: A* vista frontal de la máquina, B* vista lateral de la máquina, C* vista superior de la máquina

Cada cubo marcado de forma permanente fue colocado en la mordaza de la maquina luego el embolo bajó ejerciendo la fuerza sobre el molde de resina bulk hasta que este se fracture.

Los datos obtenidos se registraron en el instrumento de recolección de datos diseñado exclusivamente para este estudio (Apéndice B), posteriormente se incluyeron en una base de datos

realizada en el programa de Microsoft Excel para su análisis estadístico descriptivo, obtención de resultados, tablas y gráficos.

6.8 Análisis estadístico

6.8.1 Análisis univariado

Se efectuó un análisis univariado en el que se describe cada una de las variables. Las variables de naturaleza cuantitativas como tiempo fracturan y resistencia compresiva, fueron analizadas a partir de medidas de tendencia central (media y mediana) y medidas de dispersión (desviación estándar) o mediana y rango intercuartílico, dependiendo de la distribución de los datos dados por la prueba Shapiro W, para las variables cuantitativas. Para las variables cualitativas, como resina; se calcularon frecuencias y porcentajes.

6.8.2 Análisis bivariado

En este tipo de análisis se estudiaron tres variables en conjunto que permitieron identificar relación o asociación entre ellas, para esto fue necesario clasificar las variables del estudio en dependientes; que obedece a material y las independientes que corresponden a tiempo máximo esfuerzo y resistencia, para identificar el comportamiento de las mismas a través de la prueba Shapiro W y así, proceder con el análisis estadístico bivariado que permite estudiar las variables en mención según la naturaleza de cada una (cuantitativa – cualitativa) por medio de la prueba de ANOVA / KRUSKAL WALLIS (Ramírez, 2007) (Ver anexo 3).

6.9 Prueba piloto

Se realizó la prueba piloto con un tamaño de muestra que obedece al 3,33%, es decir, 3 láminas de resina de tres casas comerciales diferentes, los cuales corresponden a la resina filtek one bulk 3m, la resina bulk fill tetric ceram ivoclar y la resina opus bulk fill – FGM, diseñados previamente en bloque con una matriz confeccionada por los investigadores del presente proyecto, constituyendo cada una de las muestras, un área de 53,6000 mm² y una altura de 6,6000 mm. Estas muestras se sometieron a fuerzas compresivas por medio de una máquina de resistencia de materiales en la facultad de ingeniería mecatrónica de la Universidad Santo Tomás, evidenciando como resultado la rotura de dos materiales y el desplazamiento de uno, reportando dentro de su procesamiento un ataque en mm y la aplicación fuerza máxima en kilonewtons (kN), sin embargo; el tiempo en segundos en el cual se efectuó el fallo del material dentro de la máquina, no se reportó en los resultados

Como conclusión, se evidenció que es necesario realizar una modificación al instrumento de recolección de datos en la unidad de medida con la que se consigna la resistencia compresiva la cual será en kiloNewtons y solicitarle a laboratorio que proporcione la información relacionada con el tiempo en el que se efectúa la alteración del material, misma que se debe proyectar en la gráfica. No obstante, no fue necesario realizar una modificación al tamaño de la muestra ni al procedimiento, ya que se obtuvo respuesta a los objetivos inicialmente planteados.

6.10 Consideraciones éticas

En el presente estudio de tipo experimental in vitro, el grupo muestral estuvo conformado por 93 muestras de resina BulkFill, por tanto, no se requiere consentimiento informado, carta de

confidencialidad o algún otro documento relacionado a las investigaciones en las que se incluye personas y/o diferentes tipos de organismos vivos.

Adicionalmente, según lo establecido en el artículo 11 de la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de salud y protección social de la república de Colombia, la cual establece los lineamientos normativos para la realización de investigaciones en salud, es considerada la presente, una investigación sin riesgo (MinSalud, 1993).

7. Resultados

7.1 Resultados generales

De acuerdo a los resultados del análisis general, fue posible evidenciar que la fuerza máxima aplicada al material fue de 152N ($\pm 549,2$), con un desplazamiento de 1,48Mm ($\pm 0,51$), en un tiempo de 1,51 segundos (ver tabla 1).

Tabla 1. Resultados generales

Variable	Resultado (DE) / (RIQ)
Fuerza max (N)	152 N DE($\pm 549,2$)
Desplazamiento (Mm)	1,48 Mm DE($\pm 0,51$)
Tiempo (Seg)	1,51 Seg RIQ(1,15-1,78)

7.2 Resistencia compresiva

Del total de la muestra (n=93), la mayor resistencia compresiva reportada tras someter los bloques de resina a fuerzas compresivas fue de 1771,87 N con una DE ($\pm 390,5$). Adicionalmente, fue posible identificar que la resina que reportó mayor resistencia compresiva fue la filtek one bulk-3m con una resistencia en newtons mencionada anteriormente, seguida por la filtek one bulk-tetric ceram con una resistencia compresiva de 1756,55N y una DE ($\pm 458,65$) y finalmente, la que

menos resistencia compresiva reportó fue la Opus bulk fill– FGM con una cifra de 1040,52 y una DE ($\pm 448,82$) (ver tabla 2).

Por otro lado, con relación al desplazamiento en milímetros, se observó que la resina filtek one bulk-tetric ceram fue la que presentó un mayor desplazamiento seguida por la filtek one bulk-3m y la opus bulk fill– FGM; con cifras de 1,69 Mm ($\pm 0,50$); 1,46 Mm ($\pm 0,42$) y 1,30 Mm ($\pm 0,28$) (ver tabla 2). Es importante mencionar que los resultados anteriormente reportados presentan significancia estadística con un valor de p inferior a 0,05.

Tabla 2. Resistencia compresiva y desplazamiento

Materiales	Fuerza max N X ($\pm$DE)	Valor P	Desplazamiento Mm X ($\pm$DE)	Valor P
filtek one bulk-3m	1771,87 ($\pm 390,5$)		1,46 ($\pm 0,42$)	
filtek one bulk-tetric ceram	1756,55 ($\pm 458,65$)	<0,001	1,69 ($\pm 0,50$)	0,0096*
opus bulk fill– FGM	1040,52 ($\pm 448,82$)		1,30 ($\pm 0,28$)	

Nota: resistencia compresiva de los tres sistemas de resina mediante el uso de la prueba Anova.

7.3 Tiempo de fractura

Al revisar los resultados relacionados con la ocurrencia de la fractura, se observó que el tiempo de fractura máximo fue de 101,5 segundos con un rango intercuartílico de 79,7 – 121,9 segundos correspondiente a la resina filtek one bulk-tetric ceram; por otro lado, el tiempo en segundos mínimo de fractura del material obedece a la resina opus bulk fill– FGM con 78,3 segundos y un rango intercuartílico de 58,8 – 98,8 segundos. No obstante, es preciso mencionar que estos resultados no presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p=0,0269$) (Ver tabla 3).

Tabla 3. *Tiempo de fractura en segundos*

Materiales	Tiempo Seg M(RIQ)	Valor P
filtek one bulk-3m	92,3 (71,1 – 106, 1)	
filtek one bulk-tetric ceram	101,5 (79,7 – 121,9)	0,0269
opus bulk fill– FGM	78,3 (58,8 – 98,8)	

Nota: tiempo de fractura en segundos de cada material mediante la prueba de Kruskal Wallis

8. Discusión

Las resinas compuestas, que tienen el propósito de mejorar la durabilidad y la estética de las restauraciones dentales, han surgido en la odontología moderna como resultado del progreso en los materiales restauradores (Vargas y Burgess, 2018). Las resinas bulk fill, que permiten la fotopolimerización en capas más gruesas y reducen el tiempo clínico necesario para la colocación de restauraciones, han ganado popularidad (Cheng y Bianchi, 2019). Su capacidad para ser curadas en una sola capa de hasta 4-5 mm las distingue de las resinas tradicionales, que requieren capas más delgadas y ciclos de fotopolimerización más largos (American Dental Association, 2020).

Un indicador crucial de la eficacia y la durabilidad de estos materiales en condiciones de carga que imitan las fuerzas de masticación es la resistencia compresiva. Evaluar y comparar esta característica entre varios tipos de resinas bulk fill puede brindar información útil sobre su idoneidad para aplicaciones restauradoras y su desempeño clínico (Vargas y Burgess, 2018). Su composición química y su método de fotopolimerización pueden afectar las propiedades mecánicas de diferentes formulaciones de resinas bulk fill (Cheng y Bianchi, 2019). Este estudio permite una comparación equitativa y directa de los materiales evaluados al minimizar las variables relacionadas con la fuente de luz al utilizar un sistema uniforme de lámpara de fotocurado.

Las resinas bulk fill están diseñadas para ser colocadas en capas más gruesas, lo cual les permite poseer mayor profundidad de curado y menor contracción de polimerización, dándole así algunas ventajas sobre las resinas compuestas convencionales, además de reducir el tiempo de procedimiento clínico (Marín, 2017). Sin embargo, es esencial que estas resinas mantengan una alta resistencia compresiva para soportar las fuerzas masticatorias. De acuerdo a lo anterior, en la presente investigación se decidió utilizar una muestra de 93 láminas de resina, distribuida en 3 grupos, cada uno de 31 láminas de resina de los tres tipos mencionados con antelación, diseñados por los investigadores por medio de la aplicación del material en una única capa y fotocurados bajo el mismo protocolo para evitar sesgos en la realización del estudio. Estas muestras fueron sometidas a la máquina de ensayo Shimadzu con el fin de exponerlas a fuerzas compresivas y determinar sus resistencia y tiempo de fractura.

La máquina de ensayo Shimadzu, reconocida por su precisión y fiabilidad, se emplea frecuentemente para evaluar esta propiedad en materiales dentales. Este dispositivo aplica una carga compresiva controlada sobre las muestras de resina hasta su punto de fractura, permitiendo determinar su resistencia compresiva máxima. Estudios han demostrado que la máquina Shimadzu proporciona datos altamente reproducibles y precisos, lo que es esencial para validar la efectividad de diferentes resinas en condiciones simuladas de carga masticatoria (Sakaguchi, 2012), motivo por el cual fue considerada como una herramienta confiable en el desarrollo de la presente investigación y cumplimiento de los objetivos específicos.

En el contexto de resinas odontológicas, la resistencia compresiva evaluada mediante la máquina de ensayo Shimadzu permite a los investigadores comparar la eficacia de diversos materiales restaurativos. Por ejemplo, investigaciones han revelado diferencias significativas en la resistencia compresiva entre resinas convencionales y resinas bulk fill, con las últimas mostrando

una mejor capacidad de soportar fuerzas compresivas. En el estudio de Fleming (2012), se evaluó la resistencia compresiva de un material resinoso utilizando una máquina Shimadzu, referencia universal para ensayos mecánicos. Los resultados obtenidos demostraron una resistencia compresiva promedio de 85 MPa, con una desviación estándar de 5 MPa, lo que indica una consistencia en la calidad del material evaluado (Fleming et ál., 2012). A pesar de que los resultados obtenidos por Fleming no pueden ser comparados con la presente investigación dado que la unidad de medida es diferente, es posible considerar a la máquina de ensayos Shimadzu para aplicar esfuerzos controlados que simulan las condiciones intraorales, proporcionando datos críticos para la selección de materiales adecuados para restauraciones posteriores, donde las fuerzas masticatorias son más intensas (Fleming, et ál., 2012).

Adicionalmente, la máquina de ensayo Shimadzu también puede ser utilizada para evaluar otras propiedades mecánicas de las resinas odontológicas, como la elasticidad y la resistencia a la fractura, propiedades que no fueron evaluadas en la presente investigación pero que sería interesante analizar a futuro. La versatilidad y precisión de la Shimadzu la convierten en una herramienta indispensable en la investigación de materiales dentales. Estudios han mostrado que las resinas fotopolimerizadas pueden alcanzar resistencias compresivas óptimas cuando son curadas adecuadamente, y las pruebas realizadas con la Shimadzu corroboran estos hallazgos, asegurando que los materiales utilizados en la práctica clínica sean seguros y eficaces (Pereira et ál., 2012).

Ahora bien, dado que algunas cavidades dentales requieren una restauración extensa debido a la longitud de la lesión o pérdida de estructura dentaria las cuales son propensas a sufrir fracturas de las cúspides si el material y/o la técnica de restauración no son adecuadas, por ello el beneficio de usar las resinas compuestas Bulk Fill en este tipo de procedimientos de restauración

dental con gran pérdida de tejido contribuyen de forma positiva a conservar mejor y por más tiempo la integridad de la pieza dentaria. Estas resinas presentan mayor resistencia a la compresión, menor grado de contracción entre otras (Borja, 2018) y se pueden colocar en un solo bloque o incremento de hasta 4mm, minimizando el tiempo de trabajo sin alterar la calidad del tratamiento, por lo que en la presente investigación se quiso analizar la resistencia compresiva de 3 marcas disponibles actualmente en el país; Filtek One Bulk Fill, Tetric EvoCeram Bulk Fill y Opus Bulk Fill.

La resina Filtek One Bulk Fill de 3M ha sido diseñada para ofrecer una alta resistencia mecánica y estética en una sola capa de hasta 5 mm. Funciona a través de un sistema patentado conocido como Manejo de Ratios de Contraste Inteligente (Smart Contrast Ratio Management), que regula la interacción y el índice de refracción entre el componente resinoso y las partículas de relleno, lo que aumenta la opacidad del material durante la fotoactivación. Antes de la fotoactivación, el material es más translúcido, lo que permite que la luz llegue a áreas más profundas para lograr una profundidad de polimerización adecuada. Además, durante la fotoactivación, el radio de contraste del material cambia, lo que lo hace más opaco y, por lo tanto, más estético. Se fotopolimeriza a una longitud de onda de 400-500 nm (luz azul) con una unidad de fotoactivación de luz halógena que tiene una potencia de 550-1000 mW/cm² (Borja, 2018).

Estudios previos han demostrado que esta resina presenta una resistencia compresiva adecuada para restauraciones posteriores (Ilie y Hickel, 2011), lo que coincide con los hallazgos de este estudio, pues este tipo de resina reportó la mayor resistencia compresiva alcanzando los 1771,87 N con un desplazamiento de 1,46 mm. Así mismo, en el 2018, Almuhaiza M, en su investigación sobre la deflexión cuspídea y resistencia a la fractura en los dientes maxilares premolares restaurados con materiales compuestos a base de resina fluida bulk fill, la cual fue

sometida a una carga compresiva en una máquina de prueba universal Instron hasta que se produjo la fractura, encontró que la resina bulk fill de aposición en monobloque de 4 mm mostró un buen desempeño como revestimiento de restauraciones dentales arrojando resultados que indicaron una resistencia compresiva media de 92 MPa, con una desviación estándar de 4 MPa (Almuhaiza, 2018). Al comparar estos resultados con nuestra investigación, se identifican unidades de medida de los resultados diferentes, no obstante; al realizar la conversión de 1771,87 Newtons fue necesario identificar previamente el área para dar cumplimiento a la fórmula de Fuerza (N)=Presión (N/m²)×Área (m²); identificando un área de 0,004 m², por lo que la conversión arroja una resistencia compresiva de 0,443 MPa, resultados que al ser comparados con el presente estudio, se encuentran muy alejados de los reportados en esta investigación, encontrando como factor diferencial el uso de una máquina de ensayos diferente a la Shimadzu.

Mientras tanto, la resina Tetric EvoCeram Bulk Fill de Ivoclar Vivadent se ha destacado por su fórmula que permite una mejor adaptación y menor contracción de polimerización. Es un compuesto nanohíbrido diseñado para restauraciones directas en los sectores posteriores de las clases I y II. Puede controlar el estrés de contracción. Para obtener resultados satisfactorios en el sector posterior, se coloca de forma rápida y sencilla en un solo incremento de hasta 4 mm y se polimeriza en apenas 10 segundos utilizando unidades de fotoactivación de más de 1.000 mW/cm² en un rango espectral de "luz azul" de 400-500 nm (Borja, 2018). En este estudio la resina Tetric EvoCeram Bulk Fill mostró una resistencia compresiva de 1756,55 N y un desplazamiento de 1,69 mm; con cifras muy cercanas, pero no superiores a la de la resina Filtek One Bulk Fill, lo que es consistente con investigaciones anteriores que subrayan su efectividad en restauraciones de alta carga como la de Alrahlah que, aunque arroja resultados de fuerza compresiva en MPa (89 MPa), la conclusión presenta similitud (Alrahlah et ál., 2014).

Por último, pero no menos importante, la resina Opus Bulk Fill de FGM es una resina que ha sido menos estudiada en la literatura, comparada con las otras dos. Fabricada en Brasil por la empresa FGM con el fin de reducir el tiempo de trabajo, presenta profundidades de curado de hasta 5 mm, similar a la Filtek One Bulk Fill de 3M y tiene excelente consistencia y manipulación, así como altas propiedades mecánicas. Se fotopolimeriza utilizando una unidad de fotoactivación de luz halógena en una longitud de onda de 400-500 nm (luz azul) (Borja, 2018).

No obstante, los resultados de este estudio indican que Opus Bulk Fill también ofrece una resistencia compresiva significativa, aunque ligeramente inferior a Filtek One y Tetric EvoCeram, con cifras de 1040,52 N con 1,30 mm de desplazamiento. Esto podría deberse a diferencias en la composición de los monómeros y el relleno (Garoushi et ál., 2013).

Estos resultados, presentan similitud con el estudio realizado por Mendoza en el 2022, donde la resina 3M Filtek One Bulk Fill Restorative tiene una mayor resistencia a la compresión que la resina Opus Bulk Fill APS. Por lo tanto, se presenta como una buena opción para realizar restauraciones porque resistirá las fuerzas masticatorias. Por lo tanto, se recomienda su uso en la reconstrucción dental (Mendoza, 2022).

Por otro lado, es necesario mencionar que la fotopolimerización es un proceso crucial que afecta la resistencia final de las resinas compuestas. La lámpara utilizada en este estudio proporcionó una polimerización efectiva en solo 10 segundos para todas las resinas evaluadas y aunque las indicaciones para la fotopolimerización de la resina Filtek One Bulk Fill de 3M era de 30 segundos, no afectó su resistencia compresiva. Los resultados mostraron que, a pesar del corto tiempo de polimerización, las resinas bulk fill alcanzaron una resistencia adecuada, lo que sugiere una efectividad satisfactoria del sistema de fotopolimerización utilizado (Price et ál., 2014).

Con relación al tiempo de fractura, el estudio mostró que el material que se fracturó en menos tiempo fue la resina Opus Bulk Fill de FGM, seguida por la filtek one bulk-3m y la de mejor tiempo fue filtek one bulk-tetric ceram, con 78,3; 92,3 y 101,5 segundos. La comparación de los tiempos de fractura ante la resistencia compresiva entre las tres resinas revela diferencias significativas en su comportamiento bajo carga. Tetric EvoCeram Bulk Fill mostró la mayor capacidad para mantener su integridad bajo presión durante un período más largo, lo que puede ser atribuido a su composición química y la tecnología utilizada en su desarrollo. Opus Bulk Fill de FGM, mostró una resistencia ligeramente inferior y tuvo un tiempo de fractura más rápido, lo que puede ser una ventaja en procedimientos que requieren rapidez y eficiencia; y la filtek one bulk-3m presentó un mejor rendimiento en lo relacionado a la resistencia a la fractura con una durabilidad intermedia en comparación con los otros sistemas de resina bulk, lo que sugiere su versatilidad en aplicaciones clínicas variadas, conclusión que muestra similitudes comparables con los estudios de (Ferracane, 2011; Marovic, 2014).

Cada una de las resinas Bulk Fill estudiadas presenta ventajas específicas según el contexto clínico en el que se utilicen. Filtek One Bulk Fill de 3M es ideal para restauraciones que requieren alta durabilidad bajo cargas prolongadas. Opus Bulk Fill de FGM es adecuado para situaciones que demandan rapidez sin comprometer significativamente la resistencia y Tetric EvoCeram Bulk Fill ofrece un equilibrio entre ambos extremos.

Finalmente, es preciso mencionar la importancia del estudio de las propiedades mecánicas de las resinas tipo bulk, con el fin de determinar su excelencia y uso. No obstante, resulta necesario aclarar en la presente investigación la diferencia entre las propiedades mecánicas resistencia compresiva y resistencia flexural, las cuales hacen referencia a características de las resinas dentales que se refieren a la capacidad que tienen para soportar presiones y tensiones (Aguirre &

Mendoza, 2024). Por un lado, la resistencia a la compresión es la capacidad de un material para resistir presiones verticales, es decir, la tensión máxima que puede soportar antes de fracturarse, mientras que, la resistencia flexural se refiere a la evaluación del modulo de elasticidad de una resina (Aguirre & Mendoza, 2024), dejando claro que la propiedad estudiada en el presente estudio obedece a la resistencia compresiva medida en Newtons.

Dentro de las fortalezas de la investigación se puede mencionar el abordaje de una necesidad clínica crucial al evaluar materiales dentales que son ampliamente utilizados en restauraciones. Los resultados pueden ayudar a los odontólogos a tomar decisiones informadas sobre qué resina utilizar según el caso clínico, además de aportar datos específicos al contexto local, lo cual es importante dado que las condiciones ambientales y clínicas pueden variar de un país a otro. Por otro lado, dentro de las limitaciones, se considera que las pruebas de laboratorio pueden no replicar exactamente las condiciones intraorales reales. Factores como la humedad, la temperatura, y la carga masticatoria diaria no pueden ser completamente simulados en un laboratorio. Adicionalmente, un estudio a corto plazo puede no reflejar la durabilidad a largo plazo de las resinas bajo condiciones de uso real. Los estudios longitudinales son necesarios para entender el comportamiento de los materiales a lo largo del tiempo.

8.1 Conclusiones

Las tres resinas bulk fill evaluadas (Filtek One Bulk Fill, Tetric EvoCeram Bulk Fill y Opus Bulk Fill) demostraron una resistencia compresiva adecuada cuando se fotopolimerizan con un sistema de lámpara durante 10 segundos, siendo la resistencia compresiva más alta de 1771,87 N con DE ($\pm 390,5$).

Sin embargo, se observaron diferencias estadísticamente significativas en los niveles de resistencia compresiva entre los tres tipos de resina bulk, con Filtek One y Tetric EvoCeram presentando valores ligeramente superiores a Opus Bulk Fill. Estos hallazgos subrayan la importancia de seleccionar materiales con propiedades mecánicas adecuadas para asegurar la longevidad de las restauraciones dentales.

Finalmente, con relación al tiempo de fractura el material que presentó fractura en menor tiempo fue Opus Bulk Fill con 78,3 segundos. No obstante, estos resultados no presentaron significancia estadística.

8.2 Recomendaciones

8.2.1 Recomendaciones con fines investigativos

Se recomienda realizar estudios posteriores en los cuales se considere la evaluación de la resina Bulk bajo diferentes condiciones de polimerización y cargas mecánicas para una comprensión más completa de su rendimiento clínico.

Ampliar el tamaño de la muestra que aumente la validez estadística y la capacidad de generalizar los resultados.

Incluir variables mecánicas adicionales como resistencia a la tracción, dureza superficial, resistencia al desgaste y análisis de fatiga para obtener una visión más completa del rendimiento del material.

Se recomienda realizar un estudio complementario *ex vivo* mediante el cual se pueda evaluar y valorar la resistencia a la fractura de estos materiales, estando en contacto con tejido dental.

Desarrollar métodos de prueba que simulen más fielmente el ambiente oral, incluyendo ciclos térmicos, carga masticatoria repetitiva, y la presencia de humedad para obtener resultados más relevantes clínicamente.

Realizar estudios longitudinales que sigan el desempeño de las resinas a lo largo de varios años para evaluar la resistencia a largo plazo y la estabilidad de los materiales bajo uso continuo.

Implementar evaluaciones ciegas donde los evaluadores no sepan qué tipo de resina están analizando para reducir el riesgo de sesgo y aumentar la imparcialidad en la recopilación y análisis de datos.

8.2.2 Recomendaciones clínicas

Establecer y seguir un protocolo estandarizado para el curado de las muestras, incluyendo el uso de lámparas de fotocurado con especificaciones uniformes y calibradas regularmente.

Referencias

- Abuelenain D, Neel A, Al-Dharrab A. (2015). Surface and mechanical properties of different dental composites. *Dent.*; 2(2): p. 1-5. Disponible en: <https://bit.ly/3hDNuEz>
- Aguirre E, Mendoza P. (2024). Compressive and flexural strength of bulk fill composite and nanocomposite resins, in vitro, Cátedra Villarreal Posgrado, Lima, Perú, V. 3, N. 1, ISSN 2955-8476 | e-ISSN 2955-8174
- Almuhaiza M., Magdy NM. (2018), Cuspal Deflection and Fracture Resistance in Maxillary Premolar Teeth Restored With Bulk-Fill Flowable Resin-Based Composite Materials. *International Journal of Health Sciences and Research [Internet].*;8(3):105–12. Disponible en: https://www.ijhsr.org/IJHSR_Vol.8_Issue.3_March2018/IJHSR_Abstract.014.html
- Alrahlah, A., Silikas, N., y Watts, D. C. (2014). Post-cure depth of cure of bulk fill dental resin-composites. *Dental Materials*, 30(2), 149-154.
- American Dental Association. (2020). Dental materials: A comprehensive guide. ADA Publications.
- Anusavice KJ, Chiayi S, Rawls HR. Phillip's (2013). *Science of Dental Materials*. 11th Edición. St. Louis, Missouri: Saunders- Elsevier Inc.
- Arbildo H, Lapinska B, (2020). Clinical Effectiveness of Bulk-Fill and Conventional Resin Composite Restorations: Systematic Review and Meta-Analysis
- Borja Farfán NE, Loyola Livias OD. (2018) Comparación in vitro de la resistencia a la compresión y resistencia flexural de resinas Bulk Fill (Opus™ Bulk Fill, Tetric® N-Ceram Bulk Fill y Filtek™ Bulk Fill) [Internet]. [Lima]: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas; Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/624900>
- Cheng, H., y Bianchi, A. (2019). *Materials science for dentists* (2nd ed.). Wiley-Blackwell.

- Chesterman A, Jowett, (2017). Bulk-fill resin-based composite restorative materials: a review
- Cisneros D. (2017). Microdureza de las resinas bulk fill cromáticas en diferentes espesores, fotoactivados con luz led de alta potencia. Tesis de grado. Quito: Universidad Central del Ecuador; Disponible en: <https://bit.ly/36Xr13b>
- Corporación Shimadzu. (2023, 7 de febrero). *Shimadzu presenta la nueva máquina de ensayo de torsión TW-3100H.* recuperación <https://www.shimadzu.com/es/news/2023/tst7yzpanxs9ohbd>
- Derchi-g, Vano m, Diaspro a y Salerno m (2018). Efecto de rigidez del uso de unidades LED poliondas o monoondas para el fotocurado de diferentes composites de relleno en bloque. Revista de materiales dentales
- Díez C. (2015). Comparación in vitro por microfiltración de dos sistemas restaurativos dentarios diferentes Madrid: Visión Net;. Disponible en: <https://bit.ly/3MlVOaj>
- Ferracane, J. L. (2011). Resin composite—state of the art. *Dental Materials*, 27(1), 29-38. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2010.10.020>
- Fleming, G. J. P., Palin, W. M., Burke, F. J. T., y Marquis, P. M. (2012). The influence of clinically induced variations in stress on the performance of a resin composite. *Dental Materials*, 18(3), 255-262.
- Garoushi, S., Lassila, L., y Vallittu, P. (2013). Comparative study on different resin composites reinforced with fiber. *Journal of Contemporary Dental Practice*, 14(2), 215-221.
- Gutierrez-Leiva, A., y Pomacóndor-Hernández, C. (2020). Comparación de la profundidad de polimerización de resinas compuestas bulk fill obtenida con dos unidades de fotoactivación LED: polywave versus monowave. *Odontología sanmarquina*, 23(2), 131-138

- Hassan, S. (2014). An Evaluation of Mechanical Properties of Different Types of Composite Resins (An in vitro study). *Al-Rafidain Dent J*, 14(1), 123-131. <https://doi.org/10.33899/RDEN.2014.89262>
- Hernández R, Fernández C, Baptista M, (2014). Metodología de la investigación, 6° edición, México, Mcgraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Hervas García, Adela et al. (2006) Resinas compuestas: Revisión de los materiales e indicaciones clínicas. *Med.oral patol. oral cir.bucal (Internet) [online]*, vol.11, n.2 [citado 2023-04-11], pp.215-220.
- Ilie, N., y Hickel, R. (2011). Resin composite restorative materials. *Australian Dental Journal*, 56, 59-66.
- Ilie, N., Hilton, T., Heintzec, S., Hickel, R., Watts, D., Silikasf, N., Stansbury, J., Cadenaroi, M., & Ferracane, J., (2017). Academy of Dental Materials guidance—Resin composites: Part I - Mechanical properties. *Dent Mater*, 33(8). <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2017.04.013>
- Leprince J, Palin W, Vanacker J. Sabbagh J. Devaux J. Leloup G. (2014). Physicomechanical characteristics of commercially available bulk-fill composites. *J Dent*; 42(8):993-1000
- López Portocarrero J. (2018), Resistencia compresiva de tres resinas compuestas indicadas para restauración posterior, In Vitro, Lima [Internet]. [Lima]: Universidad Federico Villareal; 2018 [citado el 15 de abril de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/2548>
- Macchi, R. S. G. Adhesión en odontología restauradora / editor: Gilberto Henostroza Haro; traducción : Gilberto Henostroza Haro y Natlia Henostroza Quintans (2.). Madrid, España: RIPANO, S.A.

- Mahn, E. (2014). Las restauraciones en bloque, un cambio de paradigma. *Dent Trib Hisp y Lat Amer*; 11(7): 8-10.
- Marcarian L, Talone S, (2019). Impacto de la luz operatoria sobre las resinas compuestas evaluación de su contracción
- Marín Hurtado RE. (2017) Relación entre la profundidad de polimerización de resina compuesta nanohíbrida Bulk Fill, y las diferentes distancias de foto activación, Universidad Alas Peruanas; Disponible en: <http://repositorio.uap.edu.pe/handle/uap/6431>
- Marovic, D., Sariri, K., Demoli, N., y Prskalo, K. (2014). Bulk-fill resin composites: an in vitro assessment of their mechanical performance. *Acta Stomatologica Croatica*, 48(2), 119-126. <https://doi.org/10.15644/asc48/2/6>
- Mendoza A, Aruhuanca N, Dueñas D. (2022). Comparación de la resistencia a la compresión de tres resinas compuestas tipo bulk fill estudio in vitro, Tacna 2021, Tesis Para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista, Huancayo, 2022, disponible en; https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/11241/1/IV_FCS_503_TE_Mendoza_Aruhanca_Duenas_2022.pdf
- Midori F, Vizioli L, Coelho L, Sato F, Luciano M, Sano R. (2020). Evaluation of the influence of light-curing units on the degree of conversion in depth of a bulkfill resin. *J Clin Exp Dent*.: p. 1117-1123. Disponible en: <https://bit.ly/3vDh7hF>
- Ministerio de Salud y Protección Social de la República de Colombia, (1993) Resolución Numero 8430 de 1993, [internet], disponible en: Microsoft Word - Resolucion.dot (minsalud.gov.co)
- Moezzyzadeh, M. (2012). Evaluation of the compressive strength of hybrid and nanocomposites. *J Dent Sch*

- Moradas Estrada M, Álvarez López B. (2017). Dynamics of polymerization focused on reducing or preventing the stress of contraction of the current composite resins.
- Moreira G. Sistemas adhesivos autograbadores en esmalte: ventajas e inconvenientes. Avances en Odontoestomatología. 2004;20(4):193-8.
- Nocchi E. (2008). Odontología Restauradora. Segunda Edición. Buenos Aires: Editorial Medica Panamericana; 133–265p.
- Okuda WH. Achieving optimal aesthetics for direct and indirect restorations with microhybrid composite resins. Pract Proced Aesthet Dent 2005; 7:177-84.
- Padilla-Alvear, Paula Andrea, y Fernández-Montecinos, Enrique Alberto. (2021). Variaciones histórico-culturales de la estética dental. Revista Facultad de Odontología Universidad de Antioquia, 33(2), 64-74. Epub July 01, 2022
- Pereira, S. G., D’Alpino, P. H. P., Lopes, L. G., y Franco, E. B. (2012). Mechanical properties and bond strength of resin composites to eroded enamel. *Journal of Adhesive Dentistry*, 14(6), 525-531.
- Price, R. B., Ferracane, J. L., y Shortall, A. C. (2014). Light-curing units: a review of what we need to know. *Journal of Dental Research*, 93(9), 902-910.
- Ramírez R, Hernández C, Núñez R, Núñez A, García G, (2007). Univariate VS Multivariate Analyses in Genetic Evaluation of Growth Traits in Two Cattle Breeds, *Agrociencia*, 41: 271-282.
- Real Academia Española. (sf). Diccionario de la lengua española - Buscadores: Google . recuperación <https://www.rae.es/diccionario-lengua-espanola-rae>
- Reis, A. (2012); Materiales Dentales Directos de los Fundamentos a la Aplicación clínica/Alessandra Reis, Alessandro Dourado Loguercio; pp. 446; Sao Paulo: Santos.

- Rodríguez-Cuellar, Yaima y Borja-Chiriboga, André y Imbacuán-Jiménez, Lenin y Paredes-Cabrera, Judy. (2022). Materiales de restauración dental. Revista Arbitrada Interdisciplinaria de Ciencias de la Salud. Salud y Vida. 6. 329. 10.35381/s.v.v6i1.1738.
- Ruiz J., Ceballos L., Fuentes M., Osorio R., Toledano M., & García, F. (2003). Propiedades mecánicas de resinas compuestas modificadas o no con poliácidos. Avances en Odontoestomatología. 19(6), 291-297. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-12852003000600005
- Sabbagh, J., Vreven, J., & Leloup, G. (2002). Dynamic and static moduli of elasticity of resin-based materials. Dent Mater; 18(1), 64-71. [https://doi.org/10.1016/S0109-5641\(01\)00021-5](https://doi.org/10.1016/S0109-5641(01)00021-5)
- Sakaguchi, R. L., y Powers, J. M. (2012). Craig's Restorative Dental Materials. 13th Edition. St. Louis: Mosby Elsevier.
- Santos, C., et al. (2020). Evaluación del comportamiento mecánico de resinas compuestas en odontología: Un análisis de la resistencia a la compresión. Revista de ciencia de materiales: materiales en medicina, 31 (5), 1-9. <https://doi.org/10.1007/s10856-020-06508-6>
- Vargas, M. A., y Burgess, J. O. (2018). Comparative analysis of bulk-fill resins: A review. Journal of Esthetic and Restorative Dentistry, 30(5), 492-502. <https://doi.org/10.1111/jerd.12404>

Apéndice

Apéndice A. *Tabla de operacionalización*

Variable	Definición conceptual	Definición operativa	Naturaleza	Escala de medición	Valor que asume
Resistencia compresiva	Propiedad mecánica importante de las resinas debido a la gran carga masticatoria que se debe soportar durante la masticación.	Propiedad mecánica importante de las resinas a evaluar medidas a través de la máquina de ensayos shimadzu.	Cuantitativa	Continua	Valores obtenidos en newton
Resina	Materiales que se utilizan para la reconstrucción parcial de las estructuras para devolver al diente sus características anatómicas, funcionales y estéticas.	Son materiales utilizados para la reconstrucción de dientes. Las resinas bulk poseen excelente resistencia compresiva, convirtiéndola en una resina adecuada para cavidades profundas, la cual puede colocarse en bloques únicos con incrementos de 4mm	Cualitativas	Nominal	Tipos de resina (1) resinas filtek one bulk-3m, (2) bulk fill tetric ceram ivoclar y (3) opus bulk fill – FGM
Tiempo	Magnitud física con la que se mide la duración de acontecimientos.	Tiempo que transcurre desde el inicio de la prueba en la máquina de ensayos shimadzu hasta la fractura del diente	Cuantitativa	Continua	Tiempo tomado en segundos

Apéndice B *Instrumento*

	EVALUACION DE LA RESISTENCIA COMPRESIVA EN TRES TIPOS DE RESINAS BULK CON UN MISMO SISTEMAS DE POLIMERIZACION. ESTUDIO IN VITRO	
---	--	---

Fecha:

ID:

1. nombre comercial de la resina:

2. Resistencia compresiva en KiloNewtons:

3. tiempo en segundos de la fractura:

4. nombre persona que diligencia el instrumento

Apéndice C. Plan de análisis**Plan de Análisis Estadístico****Análisis Univariado**

Variable a tratar	Naturaleza	Reporte / Operaciones
Resina	Cualitativa	Frecuencias absolutas (#) Porcentajes (%)
Resistencia compresiva Tiempo	Cuantitativa	Medidas de tendencia central (Moda, media, mediana) Medidas de dispersión (DE o RIQ)

Análisis Bivariado

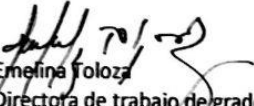
Variable dependiente o de Salida	Variable independiente o explicatoria	Naturaleza y Prueba estadística
Resina	Resistencia Compresiva Tiempo	Cualitativa/ Cuantitativa Shapiro Wilk (cuantitativa) Anova o Kruskal Wallis Test

Bucaramanga Santander
14 de junio de 2022

Señores:

Comité Investigación
Programa Rehabilitación Oral

Por medio de la presente me permito solicitar de manera respetuosa a la docente Emelina Toloza como directora del siguiente trabajo de investigación que lleva por nombre ***"EVALUACION DE LA RESISTENCIA COMPRESIVA DE LA RESINA BULK FOTOPOLIMERIZADA CON DOS SISTEMAS DE FOTOCURADO"***, En el cual participan los siguientes estudiantes, Marlon Baldovino, Ingrid Alejandra Romero, Maria Fernanda Zambrano del posgrado de Rehabilitación Oral.


Emelina Toloza
Directora de trabajo de grado