

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE ODONTOLOGÍA



**Estudio comparativo in-vitro de la resistencia a la compresión vertical de tres
materiales de reconstrucción de muñones**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
SEGUNDA ESPECIALIDAD PROFESIONAL EN ODONTOLOGÍA
RESTAURADORA Y ESTÉTICA**

AUTOR

Luis Miguel Barboza Vasquez

ASESOR

Alberth David Correa Medina

<https://orcid.org/0000-0002-2853-2231>

Chiclayo, 2025

**Estudio comparativo in-vitro de la resistencia a la compresión
vertical de tres materiales de reconstrucción de muñones**

PRESENTADA POR

Luis Miguel Barboza Vasquez

A la Facultad de Medicina de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el Título de

**SEGUNDA ESPECIALIDAD PROFESIONAL EN
ODONTOLOGÍA RESTAURADORA Y ESTÉTICA**

APROBADA POR

Rosa Josefina Roncal Espinoza

PRESIDENTE

Breigy Aranza Nuñez Jimenez

SECRETARIO

Alberth David Correa Medina

VOCAL

Dedicatoria

A Dios por darme salud y guiarme en el camino correcto.

Agradecimientos

A ustedes Padre y Madre por ser los pilares fundamentales en mi vida, por siempre respetar y apoyar mis decisiones.

TURNITIN

Estudio comparativo in-vitro de la resistencia a la compresión vertical de tres materiales de reconstrucción de muñones

INFORME DE ORIGINALIDAD

11 %	11 %	4 %	3 %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	2 %
2	repositorio.uwiener.edu.pe Fuente de Internet	1 %
3	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	1 %
4	upc.aws.openrepository.com Fuente de Internet	1 %
5	pesquisa.bvsalud.org Fuente de Internet	1 %
6	ri-ng.uaq.mx Fuente de Internet	1 %
7	pdffox.com Fuente de Internet	1 %
8	Submitted to uees Trabajo del estudiante	<1 %
9	repositorio.upagu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
10	repositorio.unphu.edu.do Fuente de Internet	<1 %
11	dokumen.pub Fuente de Internet	<1 %

Índice

Resumen	8
Abstract	9
Introducción.....	10
Revisión de literatura	12
Materiales y Métodos	25
Resultados y discusión	28
Conclusiones	33
Recomendaciones	34
Referencias	35
Anexos	41

Lista de tablas

Tabla 1 Comparación de la resistencia a la compresión vertical de materiales de reconstrucción de muñones.	30
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Lista de figuras

Figura 1 Resistencia de la resina compuesta nanoparticulada.	43
Figura 2 Resistencia de resina de Bulk Fill.....	44
Figura 3 Resistencia del cemento dual tipo Core.....	45

Resumen

El estudio se planteó comparar in vitro la resistencia a la compresión vertical de tres materiales de reconstrucción de muñones: una resina Bulk Fill, una resina nanoparticulada y un cemento resinoso dual. Se confeccionaron bloques cilíndricos de 4 mm de diámetro por 4 mm de altura, estos se sometieron a pruebas de compresión vertical mediante una máquina universal de pruebas Instron. Se encontró que la resina Bulk Fill tuvo el mayor promedio de resistencia a la compresión (266,36 MPa), seguida por la resina nanoparticulada (211,97 MPa), mientras que el cemento resinoso dual fue el que registró la menor resistencia (129,71 MPa). Por lo tanto, la investigación evidenció que existen diferencias estadísticamente significativas entre los materiales evaluados ($p < 0,001$), siendo el tipo de material un factor determinante en el desempeño mecánico bajo carga compresiva. En conclusión, la resina Bulk Fill mostró un comportamiento superior.

Palabras claves: Resinas compuestas, cementos dentales, resistencia a la compresión.

Abstract

The objective of this investigation was to compare the in vitro vertical compressive strength of three core build-up materials: a Bulk Fill resin, a nanoparticulate resin, and a dual resin cement. Cylindrical blocks measuring 4 mm in diameter by 4 mm in height were manufactured using the three evaluated materials: Filtek Bulk Fill, Filtek Z350 XT, and AllCem Core, which were subjected to vertical compression testing using an Instron universal testing machine. The results showed that the Bulk Fill resin presented the highest average compressive strength (266.36 MPa), followed by the nanoparticulate resin (211.97 MPa), while the dual resin cement registered the lowest resistance (129.71 MPa). Therefore, the research showed that there are statistically significant differences between the evaluated materials ($p < 0.001$), with the type of material being a determining factor in the mechanical performance under compressive loading. In conclusion, Bulk Fill resin demonstrated superior performance.

Keywords: Composite resins, dental cements, compressive strength.

Introducción

La rehabilitación de piezas dentales sometidas a tratamiento endodóntico siempre ha sido un desafío para la odontología reconstructiva, en especial porque han perdido la vascularización pulpar, esto favorece la evaporación dentinaria con la consiguiente pérdida de elasticidad y aumento de la fragilidad. Asociado con la falta de suministro de sangre, los dientes con una aplicación de conductos en la mayoría de casos presentan un deterioro coronario importante, lo que agrava el problema y dificulta la elección del mejor procedimiento de restauración ¹. Por ello, el uso de postes intraradiculares y muñones dentales fabricados con diversos materiales de restauración es una opción viable en la búsqueda de resultados satisfactorios, teniendo en cuenta que es requisito que estos materiales utilizados para restaurar los dientes tratados endodónticamente posean similares propiedades mecánicas a las de la capa intermedia del diente, así como capacidad para adherirse a la estructura dental ².

La resistencia a la compresión vertical de los sistema para el núcleo del diente es un aspecto crucial en la odontología restauradora, dado que determina la durabilidad y eficacia de las restauraciones dentales. Según Caetano ³, los dientes tratados endodónticamente requieren una gran atención; el factor principal es que, por lo general, el diente que necesita tratamiento endodóntico ha sido sometido a una pérdida sucesiva de esmalte y dentina, y numerosas preparaciones de caries y procedimientos restauradores, y estos son los factores que realmente debilitan el diente, no necesariamente la extracción de la pulpa y acceso endodóntico.

Reeh et al ⁴, afirmaron que el acceso a la cámara pulpar reduce la rigidez dental en solo un 5%, mientras que una restauración MOD la reduce hasta en un 63%. Aunque el tratamiento endodóntico no es un factor determinante para las fracturas, puede estar asociado con su gravedad, ya que las fracturas son más subgingivales. Hansen et al ⁵, encontró después de 20 años de seguimiento, que la permanencia funcional de la dentadura tratada endodónticamente y reparadas utilizando amalgamas clase II fue del 74%, y en las restauraciones MOD del 38%; estos datos sugieren que cuando se prepara la cavidad y su reparación es un factor de riesgo mayor que el tratamiento endodóntico por sí mismo.

De acuerdo a Heintze y Rousson ⁶, la influencia de nuevos paradigmas en el tratamiento de los dientes posteriores, como el aumento de los procedimientos adhesivos y la disminución de la indicación de amalgamas, puesto que presentaban desventajas en cuanto a adhesión micromecánica, y excesiva dureza que propiciaban las fracturas y fracaso de los tratamientos, obligó a la búsqueda de nuevos materiales; además, el acelerado avance de las resinas compuestas y cementos como materiales de restauración y confección de muñones, han

convertido hoy en día a estos materiales como los de elección para este tipo de restauraciones⁷.

Investigaciones previas⁸⁻¹¹ han demostrado que la resina Filtek Bulk Fill 3M ofrece un buen soporte a la compresión, mientras que la Filtek Z 350 es reconocida por su excelente adaptación y estética. Por otro lado, el cemento resinoso dual Allcem Core – FGM ha mostrado ventajas en términos de adhesión y resistencia dual. Sin embargo, no se ha establecido claramente cuál de estos materiales proporciona una mayor resistencia en reconstrucciones de muñones, lo que genera incertidumbre al momento de elegir correctamente el material para cada caso clínico. Por ende, es necesario conocer a profundidad las propiedades de estos materiales, principalmente en lo concerniente a resistencia compresiva, que está asociada a una modificación interna de la estructura atómica y molecular.

Es sabido que, el material que se utiliza para la reconstrucción de los muñones dentales sustituye la estructura dental perdida, por ende debe ser capaz de soportar las fuerzas multidireccionales durante la masticación, para evitar el accidente más frecuente en este tipo de tratamientos, la fractura del muñón¹². El eje de este estudio se enfoca en determinar cuál es el material que tiene una mayor capacidad de soportar fuerzas de compresión aplicadas en sentido vertical, dado que una baja resistencia podría comprometer la longevidad de las restauraciones y, en consecuencia, la salud bucal de los pacientes.

El presente estudio, busca información sobre la resistencia a las fuerzas compresivas de los materiales más utilizados en la reconstrucción de muñones, un aspecto crucial al momento de tomar una decisión en la práctica odontológica. Dada la escasa bibliografía, los hallazgos permiten fortalecer y optimizar los procedimientos clínicos. Además, mejorar la selección del material restaurador reduce el riesgo de fracturas postratamiento, beneficiando tanto a los profesionales como a los pacientes. Este trabajo contribuye a la conservación de la función masticatoria y estética, garantizando restauraciones más duraderas. Por ello, el objetivo del estudio fue comparar in vitro la resistencia a compresión vertical en dientes con tratamiento de conducto, rehabilitados con poste intrarradicular y muñones fabricados con resina Bulk Fill, resina microhíbrida y cemento resinoso dual.

Revisión de literatura

Antecedentes

Respecto a todo ello, los antecedentes referidos al estudio son los siguientes:

Sarialioglu-Gungor A, et al. ¹³ (2023). Evaluaron propiedades físicas y estructurales de tres resinas Bulk de curado dual y se comparó con una resina tradicional (Filtek Z250). La fuerza de compresión calculada a través de una máquina universal (WDW20, JINAN Testing Equipment IE Corporation) utilizando en total 180 probetas de ensayo cilíndricas de 5 mm de diámetro y espesores de 2, 4 y 6 mm según la norma ISO/DIN 4049:2009 con una cruceta o velocidad de compresión de 0,2 mm/min. Se encontró que Filtek Z250 posee mayor soporte a la compresión en todos los espesores, a los 2 mm obtuvo 278,4±38,4 Mpa frente a 231,6±42,6 de Fill-Up, 226,4±21,9 de ACTIVA y los 230,6±28,9 de HyperFIL. En las muestras de 4 mm los valores fueron de 271,2±50,4; 205,2±10,8; 185,2±20,4 y 213±24,4 para Z250, Fill-Up, ACTIVA y HyperFIL respectivamente. En el mismo orden de materiales los valores a los 6 mm fueron de 269,2±36,3; 190,8±20,7; 190,2±15,7 y 198,4±13,7 ($p<0,05$). El estudio concluye que el soporte a la compresión de estas resinas Bulk de curado dual es menor que las resinas convencionales.

Vaithiyalingam A, et al. ¹⁴ (2023). Compararon la resistencia a la compresión de dos materiales de reconstrucción de núcleos ParaCore (Coltene) y Tetric N Ceram Bulk Fill (Ivoclar) y un material alcasita (Cention N - Ivoclar). Fueron 15 muestras de 4 mm de diámetro y 6 mm de altura por cada grupo, el instrumento utilizado fue una máquina de ensayo Universal, el cual contaba con una velocidad de cruceta de 0,75±0,25/minuto. Los promedios de resistencia a la compresión fueron de 141,24±50,31 Mpa para Tetric Ceram BF, 166,99±18,45 Mpa para Cention N y de 188,04±47,27 Mpa para ParaCore, la estadística inferencial encontró diferencias significativas entre Tetric Ceram BF y Para Core ($p=0,013$). El estudio concluye que Cention N puede usarse como alternativa a otros materiales de reconstrucción de muñones.

Sharma D, et al. ¹⁵ (2022). Compararon in vitro la resistencia a la compresión de tres diferentes materiales para reconstrucción de muñones, de autocurado, fotocurado y curado dual. Fueron 10 muestras de 4 mm de diámetro y 6 mm de altura para cada grupo sometidas a una máquina Universal Banbros Engineering Pvt. Ltd., India a velocidad de cruceta de 1mm/minuto. Los elementos empleados se conformaron por el ionómero de vidrio de restauración (GC) tipo 2, la resina de fotocurado Magma NT (Prevest Denpro) y la resina para reconstrucción de muñones

dual Para Core (Coltene), la mitad de la muestra fue evaluada a las 24 horas y la segunda mitad luego de una semana. Los valores encontrados para el ionómero de autocurado fueron de $11,2 \pm 1,64$ Mpa a las 24 horas y de $187,2 \pm 2,16$ a la semana; la resina de autocurado reportó valores de $54 \pm 6,4$ Mpa a las 24 horas y de $87,8 \pm 3,8$ Mpa a la semana; los valores de la resina dual fueron de $89,2 \pm 4,76$ y de $137,4 \pm 15,5$ Mpa respectivamente. Se observaron diferencias con relevancia estadística ($p \leq 0,001$) en cada uno de los materiales tanto a las 24 horas como a la semana. El estudio concluye que la resina dual para Core tuvo un mayor soporte que los otros dos materiales y que la resistencia a la compresión aumenta después de una semana.

Upadhyay R, et al. ¹⁶ (2022). Compararon la resistencia a la compresión de tres materiales de restauración, un alcasite (Centium N-Ivoclar), una resina Bulk fill (Beautiful-Bulk Fill-SHOFU) y una resina nanohíbrida Filtek Z350 XT (3M). Se prepararon, de acuerdo a las especificaciones ADA, 10 cilindros de 6 mm de diámetro y 12 mm de altura, estos se rellenaron con los tres materiales en incrementos de 4 mm, el test de ensayo se realizó con la máquina Universal que contaba con una velocidad de cruceta de 1mm/minuto. El promedio de resistencia a la compresión de Filtek Z350 XT, Beautiful BF y Centium-N fue de $97,133 \pm 29,33$ Mpa, $95,978 \pm 19,79$ Mpa y $94,907 \pm 24,05$ Mpa respectivamente. El estudio concluye que la resistencia del Filtek Z350 XT fue mayor en comparación de Beautiful BF y Centium-N, no obstante las diferencias que obtuvieron no fueron significativas ($p > 0,05$).

Ferrari B, et al. ¹⁷ (2021). Determinaron la resistencia a la compresión de bloques compuestos por combinaciones de resinas compuestas bulk-fill y nanorelleno. Para ello, se emplearon el Filtek Bulk Fill (FBF) y Z350 de la marca 3M y Surefil SDR flow (SFF) de Dentsply. Para la evaluación, además, se realizaron muestras cilíndricas de 4 mm de diámetro y 6 mm de espesor, combinando capas de 4 mm y 2 mm en las siguientes configuraciones: G1: FBF-FBF; G2: Z350-Z350; G3: FBF-Z350; G4: Z350-SFF; y G5: SFF-SFF. Posteriormente, se evaluaron en una máquina de pruebas universal a una velocidad de 1 mm/min. Los resultados de la resistencia a la compresión fueron los siguientes: G1: 160.07 MPa (4.27), G2: 149.49 MPa (14.06), G3: 156.10 MPa (29.99), G4: 199.30 MPa (39.28) y G5: 171.23 MPa (28.71). No hubo diferencias significativas en el soporte entre estas combinaciones ($p > 0.05$). Se concluyó que, las combinaciones de materiales estudiadas presentan una actitud mecánica adecuada, similar al de los elementos utilizados de manera individual.

Mofidi M, et al. ¹⁸ (2021). Evaluaron la resistencia a la compresión de dos resinas Bulk fill (BF) y una resina convencional con máquina Universal con velocidad de cruceta de 1mm/minuto.

Fueron 12 cilindros de 4 mm de diámetro y 6 mm de altura para cada grupo, el grupo 1 estuvo compuesto en su totalidad por resina X-tra Fil BF (Voco), el grupo 2 compuesto por 4 mm de resina X-tra Base BF (Voco) y 2 mm de resina Grandio (Voco), el grupo 3 se compuso únicamente con resina Grandio con técnica incremental. El promedio de este soporte fue de $251,53 \pm 36,22$ Mpa, $249,48 \pm 32,18$ Mpa y $287,27 \pm 47,08$ Mpa para los grupos 1, 2 y 3 respectivamente. El estudio concluye que las resinas BF poseen similar resistencia a la compresión comparable a la de las resinas compuestas tradicionales.

Safy R, et al. ¹⁹ (2021). Compararon la resistencia a la compresión del alcasite Centiun N (Ivoclar), la resina Bulk fill (BF) Tetric Evo Ceram (Ivoclar) y el cemento ionómero de vidrio Fuji IX GP (GC). Se prepararon 10 cilindros por cada material de 3 mm de diámetro y 6 mm de espesor, se empleó la máquina Universal Instron, Model 3345 England a una velocidad cruceta de 1mm/minuto. Los valores de resistencia fueron de $338,77 \pm 16,09$ Mpa para Tetric Evo Ceram, $331,17 \pm 11,31$ Mpa para Cention N y de $211,69 \pm 5,53$ para Fuji IX GP ($p < 0,001$). El estudio concluye que no existen diferencias significativas en la resistencia a la compresión entre Tetric Evo Ceram y Centión N, sin embargo ambos materiales son superiores a la resistencia de Fuji IX GP.

Alrass M, et al. ²⁰ (2020). Compararon la resistencia a la compresión entre una resina convencional (Tetric® N-Ceram) y una resina Bulk Fill (Tetric® N-Ceram Bulk Fill). La muestra fueron 15 muestras de 5 mm de diámetro y 4 mm de profundidad para cada uno de los grupos, las cuales fueron sometidas a una máquina Universal (Testometric AX, Universal Testing Machine) contando con una velocidad de la cruceta de 1 mm/min. Se demostró que existe una diferencia significativa en el soporte a la compresión entre los materiales evaluados, siendo la resina convencional $42,49$ Mpa más resistente que la resina Bulk ($p = 0,006$). El estudio concluye que la resistencia a la compresión de una resina compuesta convencional es mayor que la de la resina Bulk Fill.

Ojeda A, et al. ²¹ (2020). Se comparó la resistencia compresiva de dos resinas bulk-fill: Tetric® N-Ceram Bulk Fill y Filtek™ Bulk Fill, con dos tipos core: Allcem Core y Fusion Core DC Flo, usadas para la reparación de muñones dentales. Fueron 80 cilindros de resina (4 x 4 mm), divididos en cuatro grupos ($n = 20$): G1 Allcem Core, G2 Fusion Core DC Flo, G3 Filtek™ Bulk Fill y G4 Tetric® N-Ceram Bulk Fill. Para evaluar la firmeza a la compresión se usó la herramienta Instron® a una velocidad de 1 mm/min. Las medias fueron: Filtek™ Bulk Fill $236,98 \pm 47,89$ MPa, Tetric® N-Ceram Bulk Fill $224,94 \pm 45,06$ MPa, Allcem Core

318.73±26.57 MPa y Fusion Core DC Flo 208.41±42.03 MPa. Entre las resinas bulk-fill, no se hallaron diferencias significativas ($p=0.387$), pero sí entre las core ($p<0.001$). Comparando los cuatro grupos, se encontraron diferencias significativas ($p=0.001$), con Allcem Core mostrando la mayor resistencia a la compresión. En conclusión, esta última demostró una superior durabilidad a la compresión superior.

Alcántara E, et al. ²² (2019). Realizaron un estudio experimental in vitro comparativo, donde determinaron la durabilidad a fuerzas compresivas de dos materiales que sirven para reparar: un cemento dual y una resina microhíbrida. Se evidenció que los muñones de Bulk-fill Up obtuvieron una resistencia de 13.5 Mpa y los muñones reconstruidos con Paracore de 30.8 Mpa. El estudio concluye que es evidente que el cemento resinoso es más duradero a la compresión que la resina microhíbrida.

Bases teóricas

Existen diversos factores de origen técnico, patológico o sistémico que pueden interferir en sí un tratamiento de odontología es exitoso o no, es deber del odontólogo identificar estos factores antes de iniciar la endodoncia ²³. El éxito del tratamiento debe basarse en aspectos que deben ser previamente definidos, ya que los elementos que se disponen concluir que el tratamiento fue exitoso o no, tienen una base en los criterios clínicos, radiográficos e histológicos; los cuales se resumen de la siguiente manera ²⁴: ausencia de manifestaciones clínicas (no existe dolor, inflamación o fístula); integridad ósea periapical conservada (lámina dura continua, espacio periodontal dentro de los parámetros normales, sin evidencia de pérdida ósea o con signos de regeneración, y sin señales de reabsorción radicular activa); además, el diente es funcional y presenta un sellado coronario completamente hermético ²⁵.

Materiales de reconstrucción de muñones

En la odontología restauradora, la elección de materiales para la reconstrucción de muñones es un aspecto clave para que las restauraciones dentales sean exitosas. La resistencia a la compresión es un factor determinante en la selección de estos materiales, ya que garantiza la durabilidad y funcionalidad del tratamiento.

Se pueden usar materiales provisionales tradicionales como IRM, TERM, Provit o Cavit para llenar la cavidad de acceso ²⁶. Deben evitarse los materiales provisionales que contienen eugenol, puesto que si la restauración permanente se realiza con resinas compuestas, este material puede interferir con la reacción de polimerización y afectar la forma en que se adhiere la resina que se encuentra compuesta a la forma dental ²⁷. Las restauraciones temporales previenen la contaminación del conducto radicular por períodos cortos y no protegen el diente contra fracturas.

Los materiales de reconstrucción de muñones son esenciales para restaurar la estructura dental perdida y proporcionar una base sólida para la posterior colocación de coronas y otras restauraciones. Estos materiales deben poseer propiedades mecánicas adecuadas, biocompatibilidad y facilidad de manipulación. Entre los muchos materiales disponibles para realizar la reparación permanente de un diente, mediante tratamiento de conductos, los materiales adhesivos son la mejor opción, especialmente para minimizar la microfiltración. La calidad del tipo de restauración realizada después de la endodoncia tiene un impacto directo su pronóstico ²⁷.

Resina compuesta nanoparticulada

Su composición incluye nanopartículas y nanoclústers de sílice y circonio, lo que le confiere alta resistencia y una estética superior debido a su capacidad para pulirse y mantener el brillo a lo largo del tiempo. De acuerdo al fabricante, este material posee elevada solidez a la compresión, lo que permite que sea utilizada en zonas de alta carga oclusal. Asimismo, la inclusión de nanopartículas permite una mayor estabilidad del color y una mejor capacidad de pulido, esto ayudaría al mantenimiento de su apariencia a lo largo del tiempo.

En conformidad con Shaikh et al ²⁸ esta tiene una durabilidad comparable o superior a la de otras resinas, destacando su fiabilidad para aplicaciones en áreas de alta carga. Asimismo, Jayanthi et al ²⁹ indicaron que a pesar de una ligera disminución en la resistencia tras el envejecimiento, la resina mantuvo una resistencia adecuada, lo que sugiere su durabilidad a largo plazo. Por otro lado, Hedge et al ³⁰ manifiestan que las resinas nanoparticuladas poseen una alta durabilidad a la compresión y una excelente microdureza, lo que respalda su uso en restauraciones dentales sometidas a estrés.

Resina Bulk Fill

Esta resina, es un material restaurador diseñado para la colocación utilizando capas de gran grosor que pueden ser de hasta 4 mm, no obstante no perjudican la profundidad de curado o las propiedades mecánicas. Este material está formulado con una combinación de tecnología de monómeros de alta conversión y un sistema de relleno optimizado, lo que proporciona una mayor resistencia y estabilidad a largo plazo. Son atribuidas a este material propiedades clave tales como la alta profundidad de curado que permite la colocación de incrementos sustanciales, reduciendo el tiempo de trabajo clínico y mejorando la eficiencia del procedimiento. Además, la baja contracción de polimerización que minimiza las tensiones internas y reduce el riesgo de microfiltración y fallas de restauración. Asimismo, la alta resistencia a la compresión que la hace adecuada para restauraciones en zonas de alta carga oclusal. Por último, una estética adecuada, a pesar de ser una resina Bulk Fill, mantiene buenas propiedades estéticas que hace posible su uso en zonas visibles.

En concordancia a Acurio-Benavente et al ³¹ Filtek Bulk Fill posee una resistencia a la compresión superior a otras resinas Bulk, lo que la hace ideal para restauraciones posteriores. Además, Singh et al ³² demostraron que con incrementos de 4 mm posee una adecuada

profundidad de curado, siendo la microdureza obtenida mayor a la de sus competidores. Asimismo, Yu et al.³³ demostraron que Filtek Bulk Fill cuenta con una de las contracciones de polimerización más bajas entre las resinas evaluadas, lo que contribuye a su durabilidad y eficacia. Por otro lado, Durao et al.³⁴ evaluaron la estética y el rendimiento mecánico de varias resinas bulk fill, encontrando que Filtek Bulk Fill ofrece excelentes resultados estéticos junto con una alta resistencia.

Cemento dual tipo Core

La característica principal de este cemento es que se puede polimerizar tanto por activación química (autopolimerización) como por luz (autopolimerización) como por luz (fotopolimerización). Está diseñado para aplicaciones de cementación y reconstrucción de muñones, proporcionando una alta resistencia y durabilidad. Su composición incluye una matriz de resina combinada con rellenos inorgánicos que mejoran sus propiedades mecánicas y su estabilidad dimensional. Dentro de sus propiedades se menciona una alta resistencia a la compresión, baja contracción de polimerización, adhesión fuerte a diversas superficies y la versatilidad en la aplicación que lo hace adecuado tanto para la cementación de postes como para la reconstrucción de muñones.

Con referencia a Walcher et al.³⁵ AllCem Core tiene una alta resistencia a la compresión, comparable o mucho mayor a la de otros cementos resinosos duales, destacando su fiabilidad en restauraciones dentales, por lo cual lo convierte en el elemento adecuado para realizar aplicaciones que necesitan soporte mecánico significativo. Por otra parte Lipika J³⁶ indicaron que la resistencia a la compresión de AllCem Core es óptima cuando se utiliza una combinación de curado químico y por luz, maximizando su rendimiento mecánico. Asimismo, Martins et al.³⁷ detallaron que AllCem Core FGM es particularmente útil para realizar cementación de postes y reconstruir muñones, proporcionando una adhesión fuerte y una alta resistencia a las fuerzas oclusales.

Restauración de dientes con tratamiento de conductos.

La recuperación definitiva de un diente endodonciado solo ocurre al final del tratamiento restaurador. La restauración dental final es el último paso del tratamiento endodóntico. El diente debe evaluarse previamente para determinar su capacidad de restauración, función oclusal, salud periodontal, ancho y relación corona-raíz. Según Baratieri³⁸, el tratamiento endodóntico exitoso y el sellado apical son aspectos que se deben considerar con anterioridad y son esenciales

para reparar los dientes no vitales. La importancia de esto se hace presente cuando los dientes que han pasado por un proceso de endodoncia se extravían principalmente por causas asociadas a la restauración y no por la endodoncia propiamente dicha ³⁹.

Efecto Zuncho

Cuanto más grande sea la estructura dental restante por encima del margen gingival, mejor será el pronóstico para una restauración exitosa de un diente con tratamiento de conductos. El efecto férula es de gran importancia para la restauración sea exitosa a largo plazo, especialmente cuando se usa un espigo ²⁷. Se define como un collar da la vuelta a toda la dimensión exterior del diente restante. Está constituido por las superficies y los límites periféricos de la corona o por un "casquete" que involucra al menos 2 a 3 mm de estructura dental. Este tipo de "férula" disminuye de manera considerable la probabilidad de que un diente sometido a tratamiento endodóntico sufra una fractura, ya que fortalece la superficie externa y ayuda a disipar las fuerzas que se encuentran en el área de menor diámetro ⁽⁴⁰⁾. Una restauración permanente que se prolongue entre 1.5 mm y 2 mm en dirección apical, a nivel de la unión entre el muñón coronario y la estructura dentaria remanente, resulta adecuada para generar el efecto férula, lo que contribuye a disminuir el riesgo de fractura tanto de la raíz como del material del muñón ²⁷.

Espigos intraradiculares

Son aspectos de retención accesorios que son fijados dentro del conducto radicular de un diente estructuralmente comprometido ⁴¹.

Las indicaciones para el uso de un poste se basan en una serie de parámetros, que incluyen principalmente la ubicación del diente dentro del arco dental, las características oclusales del paciente, la función que cumple la pieza dental, la cantidad de tejido dentario remanente y la morfología del conducto radicular. Su fin es poder soportar la restauración definitiva y dispersar las fuerza en todo el largo de la dentura ⁴².

Los espigos solo deben usarse cuando no hay otras opciones válidas para crear suficiente retención para una restauración. Los estudios sugieren que un espigo solo debe usarse cuando no hay suficiente estructura restante para soportar la restauración final; es decir, la función principal de un espigo es retener el muñón para apoyar la restauración coronaria. Es importante tener en cuenta que un espigo no fortalece el diente, apenas refuerza y fortalece la raíz que presenta una gran pérdida de estructura, de manera que disminuye el riesgo de fractura dental ⁴³. La cantidad de tejido coronal residual determina la necesidad de colocar o no un espigo.

Características ideales de un espigo intrarradicular ^{38, 43}: biocompatible, de fácil uso, que preserve la dentina radicular, que distribuya fuerzas por todo el diente, evitando la tensión excesiva de la raíz; que promueva la unión química/mecánica con material el restaurador o de relleno, con aspectos físicos muy parecidos a la dentina, que permita el máximo soporte, que sea resistente a la corrosión y fácil de quitar en caso de retratamiento endodóntico; además, que proporcione un estrés mínimo durante la colocación y la cementación, que sea estético y que tenga buena relación calidad-precio.

La mayoría de los dientes que han pasado por un proceso de ortodoncia se restauran a su actividad principal con la ayuda de la retención intrarradicular. La selección de la configuración del espigo es importante debido a su influencia en la longevidad del diente restaurado; sin embargo, el dentista debe tener el conocimiento suficiente para seleccionar el sistema correcto de espigo-muñón que se utilizará para satisfacer las necesidades biológicas, mecánicas y estéticas de cada diente ⁴⁴.

Los factores que afectan al momento de seleccionar un sistema de espigo intrarradicular a utilizar en un diente endodonciado son ⁴⁴:

Diámetro del espigo. Existe una idea generalizada de que cuanto mayor sea el diámetro del espigo, mayor será su retención y resistencia; sin embargo, esta concepción es incorrecta, porque cuanto mayor es la cantidad de dentina radicular eliminada, más frágil se vuelve la estructura restante y menor es el soporte a cuando se fractura la dentadura que como cuando se restaura ⁴⁴.

De acuerdo con Baratieri ³⁸, el diámetro del espigo debería ser preferiblemente igual o ligeramente menor que el diámetro del canal. Se recomiendan las siguientes reglas para la selección del diámetro del espigo ⁴⁴: El grosor del poste no debe superar la tercera parte del diámetro total de la raíz a lo largo de toda su extensión. El diámetro del espigo, en el tercio más apical, no debe ser mayor de un milímetro. No es necesario incrementar el espacio para el poste más allá de la circunferencia de la preparación de endodoncia real.

Longitud del espigo. La forma y la longitud de la raíz determinan la longitud del espigo. La longitud del espigo está directamente relacionada con su retención. Cuanto mayor sea la longitud del espigo, mayor será la retención del mismo, es decir, el espigo debe ser lo más largo posible sin afectar el sellado apical de la obturación endodóntica. Sin embargo, esta razón no siempre es posible, especialmente si los canales son cortos y curvos ⁴⁴. Existen varios criterios clínicos que pueden ayudar a determinar la longitud óptima de un espigo intrarradicular ^{27, 41}:

La extensión del poste debe ser igual o superior a la altura ocluso-cervical o incisivo-cervical de la corona dental. Además, su longitud debe abarcar como mínimo dos tercios de la raíz del diente. También se recomienda que el poste alcance al menos la mitad de la distancia entre la cresta ósea alveolar y el vértice radicular. En todo caso, debe ser lo más largo posible, asegurando la conservación de un segmento de la obturación endodóntica de entre 4 y 6 milímetros como mínimo ⁴³.

Estrés. Un espigo-muñón en un diente tratado endodónticamente está sujeto a varios tipos de fuerzas: compresión, tensión y cizallamiento. Las fuerzas de corte son las más estresantes en el diente. El uso de un espigo con la longitud y el diámetro correctos reducirá el estrés causado por las fuerzas de corte, reduciendo así el riesgo de fractura de raíz ⁴⁴.

Material del espigo. Los espigos se pueden clasificar en metálicos y los que no lo son de acuerdo con el tipo de material con el que están hechos. Para lograr resultados óptimos, el material debe exhibir aspectos físicos parecidos a la dentina y biocompatibilidad con el medio oral. También debería permitir amortiguar las fuerzas ejercidas sobre el diente para transmitir la menor cantidad de estrés a la estructura dental restante ⁴⁴. Los dientes tratados endodónticamente tienen un mayor riesgo de fractura cuando se restauran con espigos de metal, ya que tienen un módulo elástico más alto en comparación con la dentina ⁴⁰. Durante mucho tiempo, los espigos de metal fueron la opción más utilizada. Sin embargo, la tendencia en la práctica clínica se dirige cada vez más hacia el uso de espigos no metálicos debido a sus ventajas ²⁷.

También existen los espigos intraradiculares reforzados con fibra de vidrio, estos están encerrados en una matriz resinosa que permite la refracción y transmisión de colores internos a través de la estructura dental, porcelana o resina sin la necesidad de opacos o modificadores, lo que los hace más estéticos ³⁸. Además, tienen una cierta elasticidad muy cercano al de la dentina y se adhieren químicamente a las resinas, por lo que no requieren tratamiento superficial. Otra ventaja es que son fáciles de eliminar si se requiere un retratamiento endodóntico ²⁷. Son ideales para la restauración de dientes anteriores, donde el requerimiento estético es alto.

Tipo de material para muñón coronario. El muñón promueve la retención y la estabilidad hasta la restauración final. La capacidad de distribución de carga del espigo intraradicular está influenciado por el material del muñón coronario. Estos materiales deben tener buenas propiedades como biocompatibilidad, facilidad técnica, tiempo de reacción rápido, resistencia a la resistencia a las fuerzas intraorales, suficiente resistencia a la flexión, estabilidad dimensional con riesgo mínimo de infiltración y un mecanismo de adhesión efectivo ^{43, 45}.

Las resinas compuestas y los cementos de ionómero de vidrio figuran entre los materiales más empleados para la elaboración de muñones coronarios. Las resinas compuestas ofrecen una resistencia clínica adecuada, sin embargo, tienen una contracción significativa de la polimerización y su capacidad para evitar la microfiltración depende en gran medida del sistema adhesivo utilizado^{27,43}. Las características que convierten a la resina compuesta en el material preferido para la conformación de muñones coronarios, en conjunto con la mayoría de los sistemas de postes, son las siguientes: resistencia a la fractura, estética, capacidad de adhesión y tiempo de confección clínico reducido⁴⁶.

Cargas oclusales

Gibbs et al⁴⁷. Estudiaron las cargas mecánicas soportadas por elementos dentales durante la masticación y la deglución. Estos autores informaron cargas oclusales de 262N durante la masticación normal y 297N durante la deglución, que pueden variar según el sexo, promedio de 263N para hombres y 243N para mujeres.

Resistencia a la compresión de esmalte y dentina

La resistencia media frente a fuerzas de compresión en el esmalte es de 384 Mpa, la resistencia es mayor en las cúspides y menor en las paredes laterales y la unión esmalte-cemento. Es relevante la orientación de los prismas de esmalte puesto que, fuerzas paralelas a los prismas serán mejor soportadas y las fuerzas perpendiculares tendrán menor resistencia. En la dentina la media del soporte a la compresión es de 297 Mpa y en el caso de este tejido, no existen diferencias en cuanto a la dirección de la fuerza⁴⁸.

Resistencia a la compresión de biomateriales dentales

De acuerdo a Bonilla L⁴⁹; este soporte está vinculada con la firmeza de la unión química del material, a mayor firmeza de la unión, mayor resistencia proporcionara el material. Las resinas estándar creadas antes del desarrollo de las resinas de última generación y compuestas por una matriz orgánica (UDMA o Bis-GMA), y una carga de partículas inorgánicas de diferentes tamaños, poseen en promedio de 248 Mpa. Por otro lado, las híbridas que combinan partículas de relleno de diferentes tamaños para optimizar sus parámetros estructural y estéticas poseen soporte a la compresión de 380Mpa en promedio⁴⁸.

La resistencia de un elemento se mide sometiéndolo a una carga determinada, el esfuerzo producido se define como la fuerza interna y externa aplicada que el elemento restaurador opone. Si se supera la elasticidad, este experimentará una desviación plástica lo que puede resultar en una fractura⁵⁰.

Esta fuerza al exceder las capacidades del elemento, causa su acortamiento en relación con el esfuerzo y la deformación. La resistencia del elemento se determina empleando la fórmula: fuerza/área, y se mide en Mega Pascales (MPa), que es la unidad empleada para cada biomaterial analizado. El Pascal (Pa) representa la unidad de medida de resistencia, resultante de la relación entre el Newton y el metro cuadrado ⁵⁰.

Prueba de compresión

Las pruebas de compresión son un método crítico que evalúa la resistencia mecánica de los elementos de reconstrucción de muñones en odontología. Estas pruebas determinan que tan capaces son los elementos para soportar fuerzas compresivas, que son comunes en el ambiente oral debido a la masticación y otras actividades funcionales. La resistencia a la compresión se obtiene de la fracción de la carga máxima aplicada entre el área original de la sección transversal de la probeta e influye en la durabilidad y funcionalidad de los materiales restauradores ⁵⁰. Materiales con alta resistencia a la compresión pueden resistir mejor las fuerzas masticatorias y prevenir fallos clínicos como fracturas o desgastes excesivos. Los materiales más comunes para la reconstrucción de muñones incluyen resinas compuestas (convencionales y bulk-fill) y cementos resinosos duales. Cada uno de estos materiales tiene características únicas que afectan su comportamiento bajo fuerzas compresivas ³¹.

Esta resistencia se evalúa utilizando una máquina de pruebas universal (Instron) que aplica una carga compresiva sobre una muestra hasta su fallo, esta es una herramienta ampliamente utilizada para evaluar las propiedades mecánicas de materiales en diversas disciplinas, incluyendo la odontología. Estas máquinas pueden realizar pruebas de tracción, compresión, flexión, cizallamiento y otras pruebas mecánicas, proporcionando datos precisos sobre la resistencia y comportamiento del material bajo carga ²².

La máquina Instron tiene varios componentes y funcionalidades claves que son esenciales para realizar pruebas de compresión. La celda de carga es responsable de medir la fuerza aplicada a la muestra. La bancada de pruebas es donde se coloca la muestra durante las pruebas. La cruceta móvil aplica la carga a la muestra a una velocidad controlada. Finalmente, el software de control permite programar las pruebas, registrar los datos y analizar los resultados obtenidos ²².

Para llevar a cabo pruebas de compresión, las muestras deben prepararse siguiendo normas específicas para asegurar la consistencia y reproducibilidad de los resultados. Una de las normas más utilizadas para preparar muestras cilíndricas es la ASTM D695-15. Generalmente, las

muestras son cilindros con dimensiones de 4 mm de diámetro y 6 mm de altura. Estas muestras deben ser moldeadas en moldes cilíndricos y polimerizadas según las especificaciones del material, utilizando una lámpara de fotopolimerización y aplicando una intensidad de luz adecuada durante el tiempo recomendado por el fabricante ⁵¹.

En cuanto al procedimiento de prueba, la muestra se coloca verticalmente en la bancada de pruebas de la máquina Instron. Se selecciona una velocidad de cruceta fija, comúnmente 1 mm/min, y se elige la celda de carga adecuada en función del material y la resistencia esperada. Luego, la cruceta se mueve hacia abajo, aplicando una carga compresiva a la muestra hasta que ésta falla. La fuerza máxima aplicada antes de la falla se registra y se convierte en resistencia a la compresión usando la fórmula: $\sigma_c = F / A$; donde: σ_c es la resistencia a la compresión, F es la fuerza máxima y A es el área de la sección transversal de la muestra ⁵¹.

Factores que afectan la resistencia a la compresión

Hay varios elementos que afectan en los hallazgos de los test de compresión para materiales de reconstrucción de muñones. Uno de los aspectos más determinantes es la composición del material. La combinación y proporción de la matriz resinosa y las partículas de relleno determinan en gran medida la resistencia a la compresión del material. Una matriz resinosa de alta calidad y una adecuada distribución de partículas de relleno pueden mejorar significativamente la resistencia, mientras que una matriz defectuosa o una distribución inadecuada pueden comprometerla ⁵⁰.

Las condiciones de polimerización también tienen un rol crucial en la resistencia a la compresión. Durante el proceso de fotopolimerización, tanto la intensidad lumínica como el tiempo de exposición deben mantenerse uniformes para todas las muestras para asegurar la uniformidad en los resultados. Cualquier variación en estos parámetros puede afectar la profundidad de curado y la integridad estructural del material, lo que a su vez influye en su capacidad para resistir cargas compresivas ⁵⁰.

El almacenamiento de las muestras antes de la prueba es otro factor importante. Para simular las condiciones intraorales, las muestras generalmente se almacenan en agua destilada a 37°C durante 24 horas. Este método de almacenamiento busca imitar el entorno húmedo y la temperatura corporal del ser humano, lo cual es esencial para obtener resultados que sean representativos del comportamiento del material en condiciones clínicas reales. Este proceso permite que las muestras alcancen un estado de equilibrio en un entorno controlado antes de ser sometidas a pruebas de compresión ⁵².

Materiales y Métodos

El presente estudio correspondió a un diseño experimental in vitro, y siguió un protocolo autorizado por el Comité de Ética en Investigación de la Facultad de Medicina de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, fue desarrollado bajo condiciones controladas para evaluar la resistencia a la compresión vertical de distintos materiales de reconstrucción de muñones. Se incluyeron tres tipos de materiales: resina nanoparticulada, resina Bulk Fill y cemento dual.

Para la selección de los cuerpos de prueba, se consideraron criterios de inclusión que garantizaron la uniformidad de las muestras. Se aceptaron únicamente materiales adquiridos de fabricantes autorizados, con dimensiones estandarizadas de 4 mm de diámetro y 4 mm de altura siguiendo la norma ASTM D695-15.

Para el tamaño de la muestra se realizó un cálculo muestral https://www.openepi.com/Menu/OE_Menu.htm empleando la fórmula para la comparación de medias, con base en datos previos. Se consideró un nivel de confianza del 95% y un poder estadístico del 80%, obteniendo un tamaño muestral de 8.03 unidades por grupo. No obstante, en función de investigaciones antecedentes y disponibilidad de recursos, se optó por aumentar la muestra a 10 especímenes por grupo, totalizando 30 unidades experimentales.

El muestreo se llevó a cabo de forma aleatoria estratificada, seleccionando 10 especímenes de cada material en estudio para garantizar representatividad y minimizar sesgos. Todas las muestras fueron inspeccionadas antes del experimento, descartando aquellas con defectos visibles como burbujas, fisuras o deformaciones que comprometieran la integridad de los resultados. También se excluyeron los cuerpos de prueba manipulados de forma inadecuada, asegurando así la homogeneidad del estudio.

Procedimiento:

a. Entrenamiento del investigador.

Previo al desarrollo del estudio, el investigador principal (LMBV) recibió entrenamiento técnico por parte de un especialista con más de 20 años de experiencia clínica en odontología restauradora (ACM). Esta capacitación comprendió la correcta manipulación de los materiales restauradores, la preparación estandarizada de bloques cilíndricos, el uso apropiado de la

lámpara de fotopolimerización, así como el manejo y parámetros de operación de la Máquina Universal de Ensayos.

Durante el entrenamiento se realizaron pruebas piloto con cada uno de los materiales seleccionados, lo cual permitió verificar la consistencia técnica del procedimiento y asegurar la reproducibilidad de los pasos experimentales.

b. Selección de los cuerpos de prueba

Se seleccionaron únicamente cuerpos que cumplieron con las dimensiones estándar establecidas para el estudio: cilindros de 4 mm de diámetro y 4 mm de altura. Todos los bloques se inspeccionaron visualmente bajo luz LED blanca para detectar posibles irregularidades como burbujas, porosidades, fisuras o deformaciones. Aquellos cuerpos de prueba que presentaron imperfecciones visibles, desviaciones dimensionales o daños durante el desmoldeo fueron descartados y reemplazados inmediatamente para mantener el número muestral por grupo.

c. Preparación de los cuerpos de prueba

Se confeccionaron un total de 30 bloques cilíndricos, distribuidos equitativamente en tres grupos experimentales ($n = 10$ por grupo), según el tipo de material restaurador:

Grupo 1: Resina nanoparticulada (Filtek Z350 XT – 3M ESPE).

Grupo 2: Resina monoincremental Bulk Fill (Filtek Bulk Fill – 3M ESPE).

Grupo 3: Cemento resinoso dual (AllCem Core – FGM).

Para la obtención de los cuerpos de prueba se utilizaron matrices metálicas con una cavidad interna estandarizada de 4 mm de diámetro y 4 mm de altura. Las paredes internas de las matrices se lubricaron con vaselina líquida aplicada con un microbrush para hacer más fácil el desmoldeo sin comprometer la integridad del bloque.

En el caso de la resina nanoparticulada, se utilizó la técnica incremental: se colocaron dos capas de 2 mm, cada una fotopolimerizada durante 20 segundos. Para la resina Bulk Fill, se empleó la técnica monoincremental, colocando una sola capa de 4 mm fotopolimerizada durante 20 segundos. En el grupo de cemento resinoso dual, el material fue dispensado directamente desde la jeringa automix hasta alcanzar los 4 mm de altura, seguido de una fotopolimerización de 40 segundos, según indicaciones del fabricante.

En todos los casos, se aplicó una tira de celuloide sobre la superficie del material antes de la fotoactivación, aplicando presión ligera con un portaobjetos de vidrio para estandarizar la

superficie superior del cilindro y evitar irregularidades. Una vez polimerizados, los bloques fueron retirados cuidadosamente de las matrices metálicas y se procedió al acabado superficial con una lija de agua de grano fino (200 micras), únicamente para eliminar rebordes sin alterar las dimensiones del cuerpo de prueba.

Las dimensiones finales de cada cilindro fueron verificadas mediante un calibrador digital tipo vernier con resolución de 0,01 mm. Posteriormente, se realizó una prueba de homogeneidad de varianzas (prueba de Levene) para asegurar que las dimensiones fueran equivalentes entre los grupos experimentales.

d. Almacenamiento previo al ensayo

Los cuerpos de prueba fueron asignados aleatoriamente a cada grupo mediante una tabla generada con el software Random.org. Luego, se guardaron en agua destilada a 37 °C durante 24 horas en vasos precipitados individuales, previamente rotulados.

e. Medición de la Resistencia a la Compresión

El ensayo de resistencia a la compresión vertical se realizó en el laboratorio certificado High Technology Laboratory Certificate S.A.C., ubicado en Los Jardines N.º 1319, Int. 116, San Juan de Lurigancho – Lima. Cada cilindro fue montado de forma perpendicular encima de la base inferior de la Máquina Universal de Ensayos INSTRON modelo CMT5L, asegurando el alineamiento axial con la célula de carga superior.

La prueba se realizó bajo una carga axial creciente aplicada a una velocidad constante de 1 mm/minuto, hasta que el cuerpo de prueba alcanzó su punto de fractura o deformación máxima irreversible. La carga máxima soportada antes de la falla fue registrada automáticamente en Newtons (N) por el sistema computarizado de la máquina. Para expresar la resistencia a la compresión, se empleó la fórmula:

$\sigma = F / A$, donde σ representa la resistencia en Megapascales (MPa), F la carga máxima en Newtons, y A el área de la base del cilindro ($A = \pi \cdot r^2$; $r = 2$ mm).

Durante el ensayo, se mantuvo la temperatura ambiente del laboratorio en un rango controlado de 22–25 °C para evitar alteraciones térmicas en las propiedades mecánicas de los materiales.

Para la recolección de los datos se elaboró una matriz de doble entrada, que incluyó las siguientes variables: Código del cuerpo de prueba, material restaurador utilizado, carga máxima en Newtons (N), resistencia a la compresión en Mpa, estado final del bloque (fractura, deformación, sin falla), observaciones.

e. Confiabilidad del método

Durante todo el procedimiento se realizó un registro fotográfico de las etapas clave del experimento, incluyendo la preparación de los bloques, su almacenamiento y la ejecución del ensayo mecánico. Estas imágenes estuvieron disponibles como respaldo metodológico en caso de requerirse por el jurado evaluador o comité revisor. Debido a la naturaleza del procedimiento *in vitro*, no fue posible recuperar las muestras para realizar una segunda medición. Para las evaluaciones se realizó un enfoque empírico, empleando una Máquina Universal de Ensayos operada por un profesional certificado. Para asegurar que las mediciones sean exactas, se verificó la calibración del equipo mediante la presentación del certificado correspondiente, conforme a los lineamientos establecidos por la norma ISO 7500-1.

f. Análisis estadístico

Se realizó empleando el software SPSS versión 22.0. Se aplicó estadística descriptiva (media, mediana, desviación estándar y varianza) para cada uno de los tres grupos experimentales.

La normalidad de los datos se estableció mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Para el análisis inferencial se aplicó la prueba de ANOVA de un solo factor, con el propósito de comparar la resistencia a la compresión entre los tres tipos de materiales. Al mostrar el análisis diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$), posteriormente se aplicó el test post hoc de Tukey HSD, con la finalidad de identificar las diferencias específicas entre cada uno de los grupos. El nivel de significancia estadística fue del 5%.

Consideraciones éticas

Este estudio fue de tipo *in vitro*, por lo cual no implicó la intervención directa en seres humanos o animales. Sin embargo, se gestionó y obtuvo la aprobación del Comité de Ética de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo (USAT). Esta aprobación aseguró que los procedimientos se desarrollaran en conformidad con los estándares éticos establecidos a nivel institucional y normativo.

Adicionalmente, se solicitó el certificado de calibración vigente de la Máquina Universal de Ensayos (modelo CMT5L), para asegurar que las mediciones realizadas fueran precisas y reproducibles. Este control se realizó en cumplimiento de la norma ISO 7500-1, que regula la verificación metrológica de los equipos utilizados para ensayos mecánicos.

Finalmente, la investigación se condujo conforme a lo dispuesto por la norma ISO 4049:2019, aplicable a materiales restauradores dentales, que establece los procedimientos normalizados para la evaluación de propiedades mecánicas como la resistencia a la compresión.

Resultados y discusión

Se realizó una separación de la muestra en tres subgrupos, con 10 unidades experimentales en cada uno (n=10): el primero correspondía a bloques de resina nanoparticulada, el segundo a los bloques de resina Bulk Fill, y el tercero a bloques de cemento resinoso dual tipo Core. Todos los grupos fueron sometidos a fuerzas de compresión.

En la Figura 1 (Anexo 3) se presenta el promedio de resistencia a la compresión vertical registrado en los cilindros de 4 mm de diámetro y 4 mm de altura confeccionados con resina Filtek Z 350, con una fuerza de 211,97 Mpa necesaria para provocar la fractura o la deformación permanente del material.

En la Figura 2 (Anexo 3) se presenta el promedio de resistencia a la compresión vertical registrado en los cilindros de 4 mm de diámetro y 4 mm de altura confeccionados con resina Bulk Fill, con una fuerza de 266,36 Mpa necesaria para provocar la fractura o la deformación permanente del material.

En la Figura 3 (Anexo 3) se presenta el promedio de resistencia a la compresión vertical registrado en los cilindros de 4 mm de diámetro y 4 mm de altura confeccionados con el cemento resinoso dual, con una fuerza de 129,71 Mpa necesaria para provocar la fractura o la deformación permanente del material.

En la Tabla 1 se detallan los resultados obtenidos de la comparación in-vitro de la resistencia a la compresión vertical de los tres materiales de reconstrucción de muñones: una resina Bulk Fill, una resina nanoparticulada y un cemento resinoso dual. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía para comparar la resistencia de los tres materiales. Los hallazgos evidenciaron diferencias significativas desde el punto de vista estadístico entre los distintos grupos ($p < 0,001$).

Tabla 1 Comparación de la resistencia a la compresión vertical de materiales de reconstrucción de muñones.

Material	Min	Máx	Media	DS	Comparación con Bulk Fill **p	Comparación con resina compuesta **p	Comparación con resina dual core **p	*p
Resina Compuesta	179,27	294,99	211,97	34,24	0,067	----	0,002	<0,001
Resina Bulk Fill	227,63	318,52	266,36	25,99	----	0,067	<0,001	
Cemento dual Core	83,39	186,53	129,71	29,00	<0,001	0,002	----	

*Prueba estadística ANOVA $p < 0,05$

** Prueba post hoc Tukey HSD

Fuente. Elaboración propia con base en los datos de la investigación.

La media de resistencia fue mayor en el grupo de resina Bulk Fill ($266,36 \pm 25,99$ MPa), seguido por la resina compuesta convencional ($211,97 \pm 34,24$ MPa), y finalmente el cemento resinoso dual ($129,71 \pm 29,00$ MPa). El test post hoc de Tukey HSD indicó que las diferencias entre Bulk Fill y cemento resinoso dual ($p < 0,001$), así como entre la resina compuesta convencional y el cemento resinoso dual ($p = 0,002$), fueron estadísticamente significativas. No se observó diferencia significativa entre los grupos de resina Bulk Fill y resina compuesta convencional ($p = 0,067$). Aunque no hubo diferencia significativa entre los dos tipos de resina, la resina Bulk Fill alcanzó un soporte superior a la compresión vertical, superando significativamente al cemento resinoso dual, lo que sugiere su superioridad en este tipo de rehabilitación.

El rendimiento superior de la resina Bulk Fill podría explicarse por la tecnología de carga optimizada y la formulación específica de su matriz orgánica, que les permiten un soporte mayor mecánica frente a fuerzas compresivas. La arquitectura estructural de este tipo de resinas ha sido diseñada para soportar cargas masticatorias elevadas sin comprometer su integridad, lo que podría explicar la ventaja observada frente a otros materiales ⁽⁵³⁾. Este comportamiento se alinea parcialmente con hallazgos de estudios previos, aunque en algunos casos se reportaron desempeños diferentes, dependiendo del tipo y marca comercial evaluada ¹³.

En investigaciones como la de Sarialioglu-Gungor et al. ¹³, se observó una mayor resistencia en resinas convencionales frente a ciertas variantes de Bulk Fill de polimerización dual. No obstante, lo encontrado en este estudio revelan que, bajo condiciones de prueba específicas, la resina Bulk Fill Filtek puede superar incluso a resinas nanoparticuladas como la Z350 XT. Esta aparente contradicción sugiere que factores como la fotopolimerización, la geometría de la muestra o el volumen del cilindro empleado (en este caso, 4×4 mm) pueden modificar de forma sensible el comportamiento mecánico de los materiales.

De manera complementaria, los datos obtenidos contrastan con los de Ojeda et al.,²¹ y Alcántara et al.,²² quienes señalaron al cemento resinoso dual como el material con mayor resistencia compresiva. En el presente estudio, sin embargo, este material registró un desempeño significativamente menor. Por ejemplo, mientras que Ojeda reportó valores de hasta 318,73 MPa para AllCem Core, la presente investigación mostró apenas 129,71 MPa. Esta discrepancia podría deberse a diferencias en el protocolo experimental, especialmente en lo que respecta al modo de activación dual, el tiempo de fraguado o las condiciones de

almacenamiento previas a la prueba ⁵⁴. Estos elementos, que inciden directamente en el grado de conversión del material, podrían explicar la divergencia de resultados.

También debe señalarse que la forma de la muestra influye en el comportamiento mecánico. El uso de cilindros, si bien proporciona una estandarización adecuada para pruebas *in vitro*, puede limitar la capacidad del material de disipar eficientemente las tensiones compresivas, afectando el valor final registrado ⁵⁵. Esto podría explicar, al menos en parte, por qué los valores de AllCem Core fueron inferiores a los reportados en otros trabajos.

Los resultados de Mofidi et al., ¹⁸ quienes identificaron que la resina convencional Grandio presentaba una resistencia superior a variantes Bulk Fill, refuerzan la idea de que la composición, el tipo de carga y la matriz orgánica del material inciden significativamente en su comportamiento mecánico. No obstante, el rendimiento de la Filtek Bulk Fill en esta investigación evidencia que ciertas formulaciones de última generación pueden desafiar esa tendencia histórica, posicionándose como una alternativa viable en restauraciones sometidas a elevadas demandas funcionales.

En la misma línea, Sharma et al., ¹⁵ concluyeron que la resina dual ParaCore ofrecía mejor resistencia a la compresión que otros insumos, incluyendo ionómeros y resinas de autocurado. Sin embargo, el comportamiento de AllCem Core, a pesar de compartir características de activación dual, fue notoriamente inferior. Este contraste puede atribuirse a la composición química diferenciada entre marcas, especialmente en lo referente al tipo y proporción de cargas inorgánicas, así como a la estructura de su matriz de resina ⁵⁶.

Los resultados de este estudio aportan evidencia significativa para el momento de seleccionar insumos en la reconstrucción de muñones dentales tratados endodónticamente. La resina Bulk Fill, al presentar un soporte mayor a la compresión, se perfila como una alternativa eficaz en casos que requieren un desempeño mecánico elevado, especialmente en sector posterior. Su aplicación en incrementos amplios podría, además, optimizar el tiempo clínico sin comprometer la integridad estructural. La resina nanoparticulada con un comportamiento mecánico intermedio, continúa siendo una opción válida en situaciones que priorizan la estética y el control de la anatomía, principalmente en dientes anteriores o con menor exigencia funcional. En contraste, el cemento resinoso dual mostró la menor resistencia, lo que sugiere la necesidad de precaución al emplearlo como material de muñón, particularmente en casos con escasa estructura radicular remanente. Estos hallazgos subrayan la importancia de individualizar la elección del material según las demandas funcionales del caso, considerando también factores

como adhesión, compatibilidad con el poste, tiempo operatorio y experiencia del clínico. No obstante, se reconoce la necesidad de estudios clínicos adicionales que validen estos resultados bajo condiciones intraorales más realistas.

A pesar de los hallazgos obtenidos, deben reconocerse algunas limitaciones del presente estudio. La elección de bloques cilíndricos de 4×4 mm facilita la homogeneidad experimental, pero dista de replicar las condiciones clínicas reales, donde las formas anatómicas y las fuerzas aplicadas son mucho más variables. Esta simplificación podría influir en la extrapolación de los resultados en el trabajo cotidiano⁵⁵. Otra limitación importante es la ausencia de envejecimiento artificial o simulación de cargas cíclicas, factores clave que intervienen en el desempeño clínico a largo plazo⁵⁷. La resistencia a la compresión evaluada en condiciones estáticas no necesariamente refleja el comportamiento del material frente a la fatiga mecánica ni su capacidad de adaptación a las fluctuaciones térmicas o humedad presentes en el entorno bucal⁵⁸.

Por último, es necesario subrayar que la resistencia compresiva, aunque fundamental, no constituye el único criterio de selección clínica. Factores como la facilidad de manipulación, la estética, la adhesión al sustrato dentario y la biocompatibilidad influyen decisivamente en la elección del material para reconstrucción de muñones⁵⁹.

Conclusiones

- Las diferencias encontradas entre los tres materiales fueron estadísticamente significativas, lo cual confirma que el tipo de material influye de forma determinante en la resistencia a la compresión vertical de las reconstrucciones de muñones.

- La resina Bulk Fill (Filtek Bulk Fill – 3M) presentó la mayor resistencia a la compresión vertical entre los tres materiales evaluados, con una media de 266,36 Mpa.
- La resina nanoparticulada (Filtek Z350 XT – 3M) mostró un comportamiento intermedio, con una resistencia media de 211,97 MPa.
- El cemento resinoso dual (AllCem Core – FGM) fue el material con menor resistencia a la compresión vertical 129,71 MPa.

Recomendaciones

- Se recomienda realizar estudios con condiciones experimentales más próximas al entorno clínico, incorporando factores como envejecimiento acelerado, carga cíclica y cambios térmicos, con el fin de fortalecer la validez externa de los resultados y su aplicabilidad clínica.
- Es aconsejable evaluar el comportamiento de estos materiales en configuraciones más complejas, incluyendo la interacción con postes intrarradiculares y coronas protésicas, para entender cómo se desempeñan en estructuras completas y bajo condiciones funcionales reales.
- Sería útil investigar la influencia de distintos protocolos de fotopolimerización en la resistencia mecánica final de los materiales restauradores, especialmente en el caso de las resinas Bulk Fill, cuya efectividad depende en gran parte de la correcta activación de su sistema de curado.
- Se sugiere profundizar en el análisis comparativo entre cementos resinosos duales de diferentes marcas, dada la variabilidad observada en su comportamiento mecánico, con el fin de determinar cuáles presentan un mejor perfil de resistencia bajo condiciones estandarizadas.
- Finalmente, se propone ampliar la investigación hacia otras propiedades relevantes como la adhesión, la estética, la estabilidad dimensional y la compatibilidad con distintos sistemas adhesivos y de postes, aspectos que también influyen de forma determinante en la selección del material más adecuado para cada situación clínica.

Referencias

1. Mory D. Disponibilidade de núcleo metálico fundido, núcleo com fibra de vidro e endocrown em cerâmica. Análise comparativa pelo método dos elementos finitos 3D e ensaio mecânico. Araraquara: Universidade Estadual Paulista; 2010.
2. Plotino G, Grande N, Bedini R, Pameijer C, Somma F. Flexural properties of endodontic posts and human root dentin. *Dent Mat.* 2007;23(9):1129-35.
3. Caetano W. Frequência de fraturas de cúspides em dentes posteriores- estudo transversal. São Paulo: Universidade Ibirapuera; 2017.
4. Reeh E, Messer H, Douglas W. Reduction in tooth stiffness as a result of endodontic and restorative procedures. *J Endod.* 1989;15(11):512-6.
5. Hansen E, Asmussen E. In vivo fractures of endodontically treated posterior teeth restored with enamel-bonded resin. *Endod Dent Traumatol.* 1990;6(5):218-25.
6. Heintze S, Rousson V. Pooling of dentin microtensile bond strength data improves clinical correlation. *J Adhes Dent.* 2011;13(2):107-10.
7. Moreno S, García A, Kogan E, Gutiérrez D. In-vitro comparative study of compressive strength of four resin core materials. *Oral.* 2015;16(52):1270-3.
8. Matos J, Nakano L, Lopes G, Bottino M, Vasconcelos J, Jesús R, et al. Characterization of bulk-fill resin composites in terms of physical, chemical, mechanical and optical properties and clinical behavior. *Int J Odontostomat* [Internet]. 2021 [accesado 5 julio 2024]; 15(1): 226-33. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-381X2021000100226>
9. Birant S, Ozcan H, Koruyucu M, Seymen F. Assessment of the compressive strength of the current restorative materials. *Pediatr Dent J* [Internet]. 2021 [accesado 5 julio 2024]; 31(1):80-5. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.pdj.2020.12.007>.
10. Al-Nahedh H, Alawami Z. Fracture Resistance and Marginal Adaptation of Capped and Uncapped Bulk-fill Resin-based Materials. *Oper Dent* [Internet]. 2020 [accesado 5 julio 2024]; 45(2):E43-E56. Disponible en: <https://doi.org/10.2341/17-367-L>.
11. Rabelo T, Antunes A, Pardini D, André C, Oliveira H, Seraidarian P. Intraradicular fiberglass posts: comparison among different techniques for restoring flared roots. *Research, Society and Development* [Internet]. 2022 [accesado 5 julio 2024]; 11(6):e21111628948. Disponible en: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i6.28948>.
12. Wang L, Perlatti Da, Gonzaga L, Pereira J. Mechanical properties of dental restorative materials: Relative contribution of laboratory test. *J Appl Oral sci.* 2003;11(3):162-7.

13. Sarialioglu-Gungor A, Durmus A, Zengin-Kurt B, Koymen S, Donmez N. Depth of cure, mechanical properties and morphology of dual-cure bulk-Fill composites. *Odovtos* [Internet]. 2023 [accesado 6 julio 2024]; 25(1):72-87. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15517/ijds.2022.52970>
14. Vaithiyalingam A, Mathew M, Jayakumar S, Arumugam K, Ponnusamy P, Narasimman T. Evaluation of Compressive and Flexural Strengths of Two Resin-based Core Materials with an Alkasite Material: An In Vitro Study. *The Journal of Contemporary Dental Practice*. 2023;24(6):385-9.
15. Sharma D, Kumar R, Kumar S, Saxena R, Dhanesha A. Comparative evaluation of compressive strength of three different core build up materials on fiber reinforced composite post after 24 hours and 1 week- an in vitro UTM study *Int J Dent Appl Dent Sci* [Internet]. 2022 [accesado 8 julio 2024]; 8(2):27-31. Disponible en: <https://doi.org/10.22271/oral.2022.v8.i2a.1485>.
16. Upadhyay R, Sanghvi Z, Chokshi S, Trivedi P. Evaluation of Compressive Strength of Three Resin Based Composites – An In Vitro Study *Int J Dent Med Sci Res* [Internet]. 2022 [accesado 9 julio 2024]; 4(3):16-20. Disponible en: <http://doi.org/10.35629/5252-04031620>
17. Ferrari B, Asueta M, Fusaro L, Kaplan A. Mechanical and bonding properties of different combinations of nanohybrid and bulk-fill composites. *Acta Odontol Latinoam* [Internet]. 2021 [accesado 9 julio 2024]; 34(3):221-5. Disponible en: <https://doi.org/10.54589%2Fao1.34%2F3%2F221>.
18. Mofidi M, Zanguei E, Shadman N, Salehi H. Compressive Strength of Bulk-Fill and Conventional Nano-hybrid Composite Resins: An in Vitro Study *J Dent School* [Internet]. 2021 [accesado 8 julio 2024]; 38(3):110-4. Disponible en: <https://doi.org.10.22037/jds.v38i3.33780>
19. Safy R, Aboalazm E. Comparative evaluation of microhardness and compressive strength of Cention N, Bulk Fill resin composite and glass ionomer cement. *Egyptian Dent J* [Internet]. 2021 [accesado 8 julio 2024]; 67:1657-62. Disponible en: <https://.doi.org/10.21608/edj.2021.50807.1356>.
20. Alrass M, Abdullah A. An in vitro comparative study of mechanical properties between bulk-fill composite and conventional composite. *International Journal of Applied Dental Sciences* [Internet]. 2020 [accesado 6 julio 2024]; 6(1):90-3. Disponible en: <https://www.academia.edu/download/92629001/6-1-7-987.pdf>.

21. Ojeda A, Tapia N, Casas L. Comparación in Vitro de la resistencia compresiva de las resinas tipo Bulk Filtek™ Bulk Fill y Tetric® N-Ceram Bulk Fill vs las resinas tipo Core Allcem Core y Fusión DC Flo en la reconstrucción del núcleo dental. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas; 2020.
22. Alcántara E, Solís W. Ensayo de compresión de muñones preparados con resinas de alta viscosidad dual y cemento resinoso dual auto-grabable con fines protésicos llevados a cabo en la clínica de Odontología Dr. René Puig Bentz en el periodo enero-abril del año 2019: estudio in vitro. República Dominicana: Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña; 2019.
23. Roda R, Gettleman B. Retratamienti Nao-Cirúrgico. In: Ltda EE, editor. Caminhos para a Polpa. 9 ed. Rio de Janeiro 2007. p. 944-1010.
24. Dammaschke T. Long-term Survival of Root-canal-treated teeth: A Retrospective study over 10 years. *Journal of endodontics*. 2003;29(10):638-43.
25. Estrela C, Esponda L. Diagnóstico do Insucesso Endodóntico. *Ciencia endodóntica*. Sao Paulo: Editora Artes Médicas Ltda; 2004. p. 590-617.
26. Koagel S. In Vitro study to compare the coronal microleakage of Tempit UltraF, Tempit, IRM, and Cavit by using fluid transport model. *Journal of endodontics*. 2008;34(4):442-4.
27. Schwartz R, Robbins J. Post placement and restoration of endodontically treated teeth: a literature review. *Journal of endodontics*. 2004;30(5):289-301.
28. Shaikh H. Comparative evaluation of compressive strength of different packable composites with different cavity configurations – An in Vitro Study. *J Med Sci Clin Res* [Internet]. 2020 [accesado 19 julio 2024]; 8(12):9-14. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.18535/jmscr/v8i12.03>.
29. Jayanthi N, Vinod V. Comparative Evaluation of Compressive Strength and Flexural Strength of Conventional Core Materials with Nanohybrid Composite Resin Core Material an in Vitro Study. *J Indian Prosthodont Soc* [Internet]. 2013 [accesado 19 julio 2024]; 13(3):281-9. Disponible en: <https://doi.org/10.1007%2Fs13191-012-0236-4>.
30. Hedge M, Hedge P, Bhandary S, Deepika K. An evaluation of compressive strength of newer nanocomposite: An in vitro study. *J Conserv Dent* [Internet]. 2011 [accesado 19 julio 2024]; 14(1):36-9. Disponible en: <https://doi.org/10.4103%2F0972-0707.80734>.
31. Acurio-Benavente P, Falcón-Cabrera G, Casas-Payco L, Montoya-Caferatta P. Comparación de la resistencia compresiva de resinas convencionales vs resinas tipo Bulk

- fill. *Odontología Vital* [Internet]. 2017 [accesado 19 julio 2024]; 27:69-77. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/odov/n27/1659-0775-odov-27-69.pdf>.
32. Singh P, Singh S. To assess depth of cure and hardness of bulk-fill composites *Int J Appl Dent Sci* [Internet]. 2019 [accesado 5 julio 2024]; 5(4):219-21. Disponible en: <https://www.oraljournal.com/pdf/2019/vol5issue4/PartD/5-4-63-327.pdf>.
33. Yu P, Xu Y-X, Liu Y-S. Polymerization shrinkage and shrinkage stress of bulk-fill and non-bulk-fill resin-based composites. *J Dent Sci* [Internet]. 2022 [accesado 19 julio 2024]; 17(3):1212-6. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jds.2021.12.004>.
34. Durao M, Andrade A, Santos M, Montes M, Monteiro G. Clinical Performance of Bulk-Fill Resin Composite Restorations Using the United States Public Health Service and Federation Dentaire Internationale Criteria: A 12-Month Randomized Clinical Trial. *Eur J Dent* [Internet]. 2021 [accesado 19 julio 2024]; 15(2):179-92. Disponible en: <https://doi.org/10.1055%2Fs-0040-1718639>.
35. Walcher J, Leitune V, Collares F, Balbinot G, Samuel S. Physical and mechanical properties of dual functional cements—an in vitro study. *Clin Oral Invest* [Internet]. 2019 [accesado 5 julio 2024]; 23:1715-21. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00784-018-2598-4>.
36. Lipika J. Comparative Assessment of Different Curing Units and Time Intervals of Light Activation on Push-Out Bond Strength of a Dual Cure Resin Cement to Intraradicular Dentin – An in Vitro Study. India: Rajiv Gandhi University of Health Sciences; 2016.
37. Martins V, Silva C, Almeida L, Paula M, Menezes M, Santos-Filho P. Bond strength of glass fiber posts cemented with bulk-fill flowable composite resin. *Appl Adhes Sci* [Internet]. 2019 24 julio 2024; 7(3). Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s40563-019-0119-6>.
38. Baratieri N. Abordagem restauradora de dentes tratados endodonticamente - pinos/núcleos e restauracoes unitárias. *Odontología Restauradora: Fundamentos e possibilidades*. Sao Paulo: Quintessence Editora Ltda; 2001. p. 610-71.
39. Heling I. Endodontic failure caused by inadequate restorative procedures: Review and treatment recommendations. *Journal of prosthetic dentistry*. 2002;87(6):674-8.
40. Hayashi M. Fracture resistance of pulpless teeth restored with post-cores and crowns. *Dental Materials*. 2006;22(5):477-85.
41. Wagnild G, Mueller K. Restauracao d dentes com tratamento endodontico. *Caminhos para a polpa*. 9 ed. Rio de Janeiro: Elsever editora Ltda; 2007. p. 786-821.

42. Moshonov J. The effect of the distance between post and residual gutta-percha on the clinical outcome of endodontic treatment. *Journal of endodontics*. 2005;31(3):177-9.
43. Cheung W. A review of the management of endodontically treated teeth: Post, core and the final restoration. *Journal of the American Dental Association*. 2005;136(5):611-9.
44. Fernández A, Shetty S, Coutinho I. Factors determining post selection: A literature review *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2003;90(6):556-62.
45. Leles C, Souza J, Busato A. Princípios das restauracoes com retencao intra-radicular. *Ciencia endodóntica*. Sao Paulo: Editora Artes médicas Ltda; 2004. p. 991-1006.
46. Naumann M. Is adhesive cementation of endodontic posts necessary? *Journal of endodontics*. 2008;34(8):1006-10.
47. Gibbs C, Mahan P, Lundeen H, Brehnan K, Walsh E, Holbrook W. Occlusal forces during chewing and swallowing as measured by sound transmission. *J Prosthet Dent*. 1981;46:443-9.
48. Toledano M, Osorio R, Sánchez F, Osorio E. *Arte y ciencia de los materiales dentales odontológicos*. Barcelona: Avances Médico; 2009.
49. Barrancos P. *Operatoria dental: avances clínicos, restauraciones y estética*. 5 ed. Buenos Aires: Médica panamericana; 2015.
50. Egas J. *Resistencia a la compresión vertical de tres distintos materiales resinosos utilizados para la reconstrucción de muñones*. Quito-Ecuador: Universidad Central del Ecuador; 2018.
51. Dávila C, Barandiarán B. *Comparación in vitro de la resistencia a la compresión de diferentes marcas de cemento ionómero de vidrio autocurable en la técnica ART*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas; 2018.
52. Guerra D. *Resistencia a la compresión entre una resina con técnica incremental Filtek Z350 XT de 3M ESPE y una monoincremental Filtek Bulk Fill de 3M ESPE Estudio in vitro*, Arequipa, 2017. Arequipa-Perú: Universidad Alas Peruanas; 2017.
53. Ilie N, Moldovan M, Ionescu A. Microstructure and Mechanical Behavior of Modern Universal-Chromatic and Bulk-Fill Resin-Based Composites Developed to Simplify Dental Restorative Procedures. *J Funct Biomater* [Internet]. 2022 [accesado 8 abril 2025]; 13(4):178. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/jfb13040178>.
54. Faria-Silva A, Piva E, Lima G, Boaro L, Braga R, Martins L. Effect of immediate and delayed light activation on the mechanical properties and degree of conversion in dual-cured resin cements. *J Oral Sc* [Internet]. 2012 [accesado 8 abril 2025]; 54(3):261-6. Disponible en: <https://doi.org/10.2334/josnusd.54.261>.

55. Fabris D, Souza J, Silva F, Fredel M, Gasik M, Henriques B. Influence of specimens' geometry and materials on the thermal stresses in dental restorative materials during thermal cycling. *J Dent* [Internet]. 2017 [accesado 8 abril 2025]; 69:41-8. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2017.08.017>.
56. Ilie N. Microstructural dependence of mechanical properties and their relationship in modern resin-based composite materials. *J Dent* [Internet]. 2021 [accesado 8 abril 2025]; 114(103829). Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2021.103829>.
57. Firlej M, Pieniak D, Niewczas A, Walczak A, Domagala I, Borucka A, et al. Effect of Artificial Aging on Mechanical and Tribological Properties of CAD/CAM Composite Materials Used in Dentistry. *Materials* [Internet]. 2021 [accesado 8 abril 2025]; 14(16):4678. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ma14164678>.
58. Dorado S, Arias A, Jimenez-Octavio J. Biomechanical Modelling for Tooth Survival Studies: Mechanical Properties, Loads and Boundary Conditions—A Narrative Review. *Materials* [Internet]. 2022 8 abril 2025; 15(21):[7852 p.]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ma15217852>.
59. Kaur B, Gupta S, Grover R, Sadana G, Gupta T, Mehra M. Comparative Evaluation of Fracture Resistance of Endodontically Treated Teeth Restored with Different Core Build-up Materials: An In Vitro Study. *Int J Clin Pediatr Dent* [Internet]. 2021 [accesado 8 abril 2025]; 14(1):51-8. Disponible en: <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-1901>.

Anexos

Anexo 1. Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Tipo	Escala de medición
Resistencia a la compresión vertical	La resistencia a la compresión es una propiedad mecánica fundamental que mide la capacidad de un material para resistir las fuerzas de compresión aplicadas sin fallar. En términos generales, se define como la máxima carga que un material puede soportar mientras se encuentra en un estado de compresión antes de que ocurra la deformación plástica o la fractura. Esta propiedad es esencial para evaluar la durabilidad y la estabilidad de materiales utilizados en aplicaciones que implican esfuerzos de compresión, como en la reconstrucción de muñones dentales.	En el contexto de este estudio, la resistencia a la compresión se medirá utilizando una máquina de ensayo universal, como el modelo Instron CMT5L. Para cada material (Resina Filtek Bulk Fill 3M, Resina compuesta Filtek Z 350, y Cemento Resinoso Dual Allcem Core – FGM), se prepararán bloques cilíndricos con dimensiones específicas (4 mm de diámetro y 4 mm de altura). Estos bloques se someterán a un ensayo de compresión vertical hasta la fractura.	Mpa	Cuantitativa	De razón

Anexo 2. Prueba de normalidad

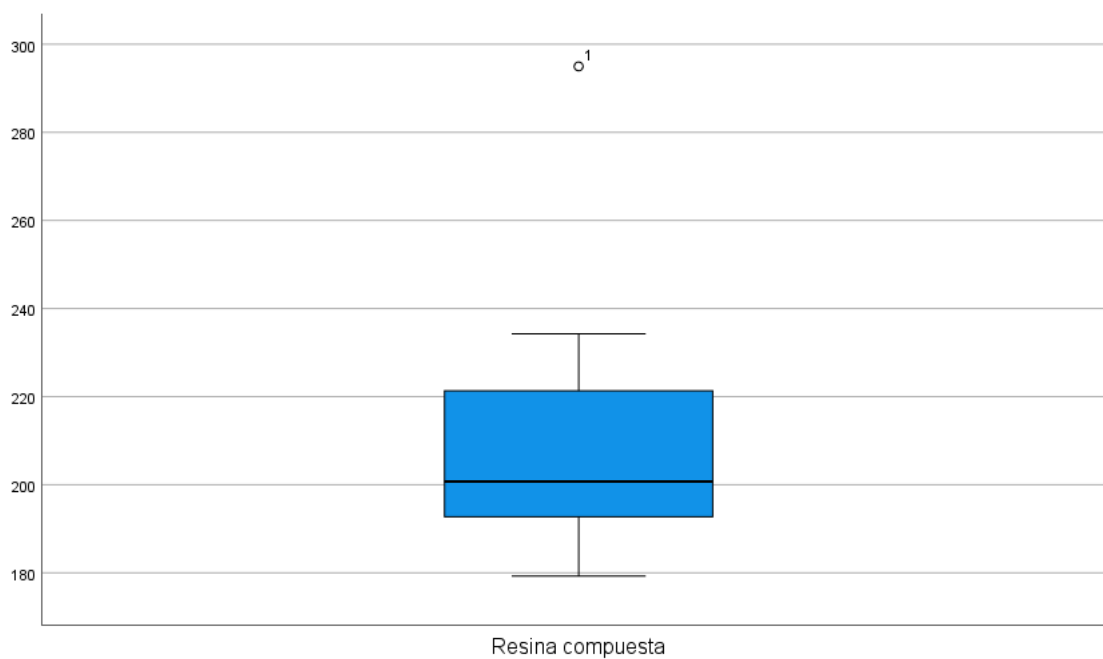
Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Resina compuesta	,206	10	,200*	,831	10	,034
Resina Bulk Fill	,159	10	,200*	,959	10	,771
Cemento dual	,169	10	,200*	,973	10	,914

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

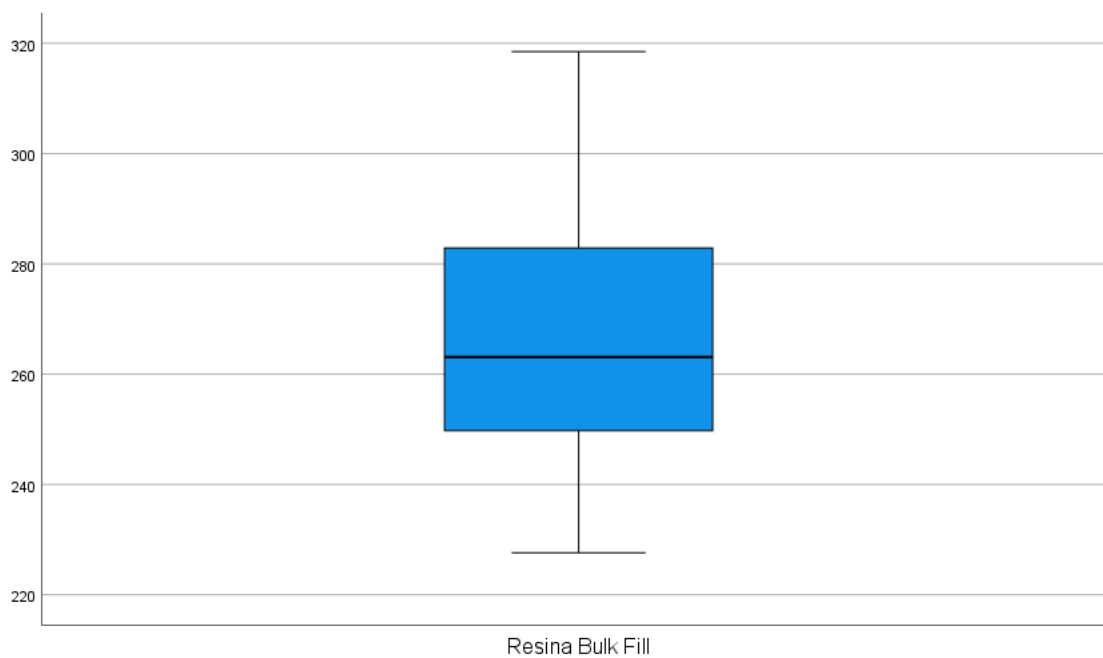
a. Corrección de significación de Lilliefors

Anexo 3. Figuras

Figura 1 Resistencia de la resina compuesta nanoparticulada.

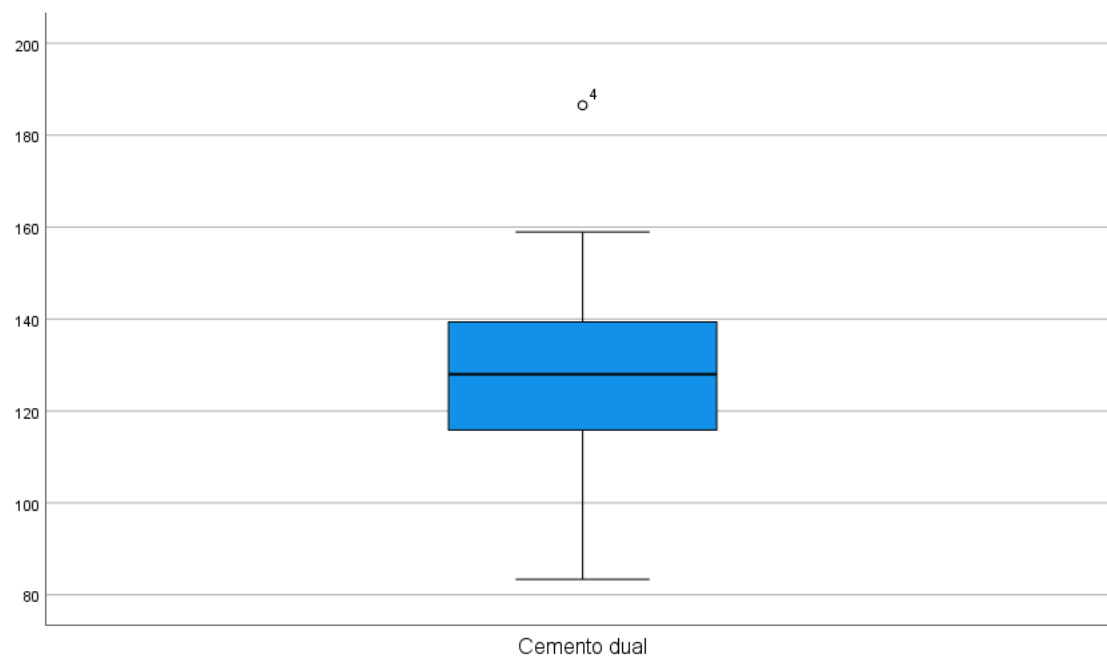
Fuente. Elaboración propia con base en los datos de la investigación.

Figura 2 Resistencia de resina de Bulk Fill



Fuente. Elaboración propia con base en los datos de la investigación.

Figura 3 Resistencia del cemento dual tipo Core



Fuente. Elaboración propia con base en los datos de la investigación.

Anexo 4. Fotografías

Prueba de compresión



Cuerpos de prueba



calibracion



**INFORME N° 001-2025**

A : Dr. Luis Enrique Jara Romero.
Decano de la Facultad de Medicina.

DE : Dr. Alberth David Correa Medina

ASUNTO : Informe de revisión de informe de tesis.

FECHA : 29 de Junio de 2025.

De mi especial consideración, tengo a bien dirigirme a su despacho, para hacer de su conocimiento que la tesis titulada: **“Estudio comparativo in-vitro de la resistencia a la compresión vertical de tres materiales de reconstrucción de muñones”** a cargo de **Luis Miguel Barboza Vasquez**, está **APTO PARA LA REVISIÓN DEL JURADO**. En tal sentido, informo que he revisado el Informe Final de este trabajo de investigación en su totalidad, tanto en forma como en fondo y manifiesto que todos los objetivos han sido cumplidos, por lo cual se encuentra apto para su pase a la etapa de sustentación.

Es cuanto tengo que informar.

Dr. Alberth David Correa Medina

Asesor