Facultad de ciencias de la salud

Posgrado de rehabilitación oral y prótesis implanto asistida

Tema:

Análisis comparativo de la cementación entre resina precalentada y cemento resinoso convencional mediante pruebas de cizallamiento.

Trabajo de titulación para la obtención del título de especialista en rehabilitación oral y prótesis implanto asistida

Presentado por:

Stefany Raquel Remache Andrade

Tutor:

Dra. Dayana Ávalos Silva

Quito, mayo 2025

Resumen

Introducción: La adhesión de los materiales cementantes a la dentina son fundamentales en la odontología restauradora, ya que influye en la estabilidad y longevidad de las restauraciones indirectas. La resina compuesta precalentada ha sido propuesta como una alternativa a los cementos resinosos convencionales, debido a su menor viscosidad, lo que mejora la adaptación marginal y la resistencia ante fuerzas de cizallamiento. Sin embargo, su efectividad en comparación con los cementos tradicionales sigue siendo debatida.

Objetivo: Evaluar la resistencia de cerómero cementado a dentina utilizando resina compuesta precalentada y cemento resinoso convencional, mediante ensayos de cizallamiento en una máquina universal.

Metodología: Se realizó un estudio in vitro con 56 premolares humanos extraídos, distribuidos en dos grupos experimentales. En el Grupo 1, las muestras fueron cementadas con resina compuesta híbrida precalentada a 55 °C, mientras que en el Grupo 2, se utilizó cemento resinoso dual convencional. Posteriormente, se sometieron a pruebas de cizallamiento, registrando la carga de falla en Newtons. Se realizó un análisis estadístico mediante ANOVA y prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Resultados y discusión: Se observó que el Grupo 1 presentó una mayor resistencia en comparación con el Grupo 2, con una diferencia estadísticamente significativa ($p = 3.7x10^{-29}$). Estos hallazgos sugieren que el precalentamiento de la resina compuesta es más resistente ante fuerzas de cizallamiento.

Conclusión: La resina precalentada mostró mejor resistencia ante fuerzas de cizallamiento que el cemento resinoso convencional, lo que la convierte en una alternativa viable para restauraciones indirectas. Sin embargo, la variabilidad

observada sugiere la necesidad de optimizar la técnica y evaluar su desempeño clínico a largo plazo.

Palabras clave: sistemas adhesivos; agentes de cementación; fuerza de adhesión al cizallamiento. odontología restauradora.

Declaración de aceptación de norma ética y derechos

El presente documento se ciñe a las normas éticas y reglamentarias de la Universidad Hemisferios. Así, declaro que lo contenido en este ha sido redactado con entera sujeción al respeto de los derechos de autor, citando adecuadamente las fuentes. Por tal motivo, autorizo a la Biblioteca a que haga pública su disponibilidad para lectura dentro de la institución, a la vez que autorizo el uso comercial de mi obra a la Universidad Hemisferios, siempre y cuando se me reconozca el cuarenta por ciento (40%) de los beneficios económicos resultantes de esta explotación.

Además, me comprometo a hacer constar, por todos los medios de publicación, difusión y distribución, que mi obra fue producida en el ámbito académico de la Universidad Hemisferios.

De comprobarse que no cumplí con las estipulaciones éticas, incurriendo en caso de plagio, me someto a las determinaciones que la propia Universidad plantee.

Firmado electrónicamente por:
STEFANY RAQUEL
REMACHE ANDRADE
Validar únicamente con FirmaEC

Stefany Raquel Remache Andrade

CI:: 0503631913

Dedicatoria

Este trabajo lo dedico con todo mi amor y cariño a mi querida hija Luciana Micaela, la razón de mi existencia y el motor que me impulsa a seguir adelante cada día. A mi esposo, Michael, por ser mi pilar y apoyo constante a lo largo de este proceso. A mis adorados padres, Franklin y Jenny, quienes con su ejemplo de superación y valentía me han enseñado a nunca rendirme, por su confianza en mí y por permitirme estar aquí, cumpliendo mis sueños y metas. Y a mis queridos hermanos, Jeniffer y Franco, por su incondicional amor y por estar siempre a mi lado, en cada paso de este camino.

Stefany Raquel Remache Andrade

Índice

Análisis comparativo de la cementación entre resina precalentada y cemento resinoso convencional mediante pruebas de cizallamiento. 9

Resumen 9

Abstract 10

Introducción 12

Metodología 14

Hallazgos 24

Discusión 30

Conclusión 32

Referencias 33

Índice De Figuras

Figura 1Secuencia del Procedimiento de Preparación, Cementación y Montaje de las Muestras para Ensayo de Cizallamiento 18

Figura 2 Dispositivo de Ensayo para Pruebas de Cizallamiento en Máquina Universal 21

Figura 3 Distribución de Fuerza y Punto de Fractura Promedio en el Grupo 1 26

Figura 4 Distribución de Fuerza y Punto de Fractura Promedio en el Grupo 2 28

Índice De Tablas

Tabla 1 Resistencia de Cizallamiento del Grupo 1 (Resina Precalentada) 24

Tabla 2 Resistencia de Cizallamiento del Grupo 2 (Cemento Resinoso Convencional) 27

Tabla 3 Análisis estadístico de la carga de falla en los grupos experimentales 29

Análisis comparativo de la cementación entre resina precalentada y cemento resinoso convencional mediante pruebas de cizallamiento.

Stefany Raquel Remache Andrade

Universidad Hemisferios
srremachea@estudiantes.uhemisferios.edu.ec

Resumen

Introducción: La adhesión de los materiales cementantes a la dentina son fundamentales en la odontología restauradora, ya que influye en la estabilidad y longevidad de las restauraciones indirectas. La resina compuesta precalentada ha sido propuesta como una alternativa a los cementos resinosos convencionales, debido a su menor viscosidad, lo que mejora la adaptación marginal y la resistencia ante fuerzas de cizallamiento. Sin embargo, su efectividad en comparación con los cementos tradicionales sigue siendo debatida.

Objetivo: Evaluar la resistencia de cerómero cementado a dentina utilizando resina compuesta precalentada y cemento resinoso convencional, mediante ensayos de cizallamiento en una máquina universal.

Metodología: Se realizó un estudio in vitro con 56 premolares humanos extraídos, distribuidos en dos grupos experimentales. En el Grupo 1, las muestras fueron cementadas con resina compuesta híbrida precalentada a 55 °C, mientras que en el Grupo 2, se utilizó cemento resinoso dual convencional. Posteriormente, se sometieron a pruebas de cizallamiento, registrando la carga de falla en Newtons. Se realizó un análisis estadístico mediante ANOVA y prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Resultados y discusión: Se observó que el Grupo 1 presentó una mayor resistencia en comparación con el Grupo 2, con una diferencia estadísticamente significativa ($p = 3.7x10^{-29}$). Estos hallazgos sugieren que el precalentamiento de la resina compuesta es más resistente ante fuerzas de cizallamiento.

Conclusión: La resina precalentada mostró mejor resistencia ante fuerzas de cizallamiento que el cemento resinoso convencional, lo que la convierte en una alternativa viable para restauraciones indirectas. Sin embargo, la variabilidad observada sugiere la necesidad de optimizar la técnica y evaluar su desempeño clínico a largo plazo.

Palabras clave: sistemas adhesivos; agentes de cementación; fuerza de adhesión al cizallamiento. odontología restauradora.

Abstract

Introduction: The adhesion of cementitious materials to dentin is fundamental in restorative dentistry, as it influences the stability and longevity of indirect restorations. Preheated composite resin has been proposed as an alternative to conventional resin cements due to its lower viscosity, which improves marginal adaptation and adhesive strength. However, its effectiveness compared to traditional cements is still debated. **Objective:** To evaluate the adhesive strength of ceromer cemented to dentin using preheated composite resin and conventional resin cement by means of shear tests in a universal machine.

Methodology: An in vitro study was carried out with 56 extracted human premolars, distributed in two experimental groups. In Group 1, the specimens were cemented with hybrid composite resin preheated to 55 °C, while in Group 2, conventional dual resin cement was used. Subsequently, they were subjected to shear tests, recording the failure load in Newtons. Statistical analysis was performed by ANOVA and Tukey's test ($p < 0.05$).

Results and discussion: It was observed that Group 1 presented a higher adhesive strength compared to Group 2, with a statistically significant difference ($p = 3.7x10^{-29}$). These findings suggest that preheating the composite resin improves adhesion by reducing viscosity and favoring its infiltration at the adhesive interface. Conclusion: The preheated resin showed higher adhesive strength than conventional resin cement, making it a viable alternative for indirect restorations. However, the observed variability suggests the need to optimize the technique and evaluate its long-term clinical performance.

Keywords: adhesive systems; luting agents; shear bond strength. restorative dentistry.

Introducción

Las incrustaciones se consideran técnicas restauradoras novedosas para dientes con cavidades profundas, ya que son biocompatibles, duraderas y brindan estabilidad estructural (Kim et al., 2016). Estos pueden elaborarse con diversos materiales, como cerámica o resina compuesta. Las incrustaciones de cerómero son menos propensas a fracturas que las de cerámica (Fron et al., 2013). A diferencia de las restauraciones directas, las incrustaciones permiten evitar la contracción por polimerización, lo que reduce el riesgo de fracturas y la sensibilidad postoperatoria (Wasell, Walls & McCabe, 2000).

Los cementos resinosos son compuestos que consisten en una matriz de resina, como bis-GMA o dimetacrilato de uretano, y partículas finas inorgánicas (Filié, Passos & Goncalvez, 2011). Estos cementos de fijación de resina se diferencian de los composites restauradores por su menor contenido de relleno y su baja viscosidad (Kaisarly & El Gezawi, 2016). Los cementos de resina pueden clasificarse según su tipo de polimerización: curado químico, fotocurado o curado dual (Turkoglu & Sen, 2019).

La resina precalentada posee excelentes propiedades, mejorando la calidad y durabilidad de las restauraciones (Lopes, 2020). Algunas ventajas de la técnica de precalentamiento de materiales resinosos, según la literatura, incluyen un mayor grado de conversión, mejor adaptación marginal de las restauraciones debido a la reducción de la viscosidad y menor contracción de polimerización (Lempel et al., 2019). Las resinas compuestas disminuyen su viscosidad al calentarse, lo que facilita la adaptación a las paredes de la cavidad (Skapska et al., 2022).

El presente estudio tiene como objetivo comparar la resistencia adhesiva de la cementación de cerómero en premolares humanos utilizando resina compuesta precalentada y cemento resinoso convencional, mediante ensayos de cizallamiento en una máquina

universal. Para ello, se siguió un protocolo estandarizado basado en la normativa ISO 29022:2013, garantizando la reproducibilidad de los resultados y su relevancia clínica (International Organization for Standardization [ISO], 2013).

A través de este estudio, se busca determinar si el precalentamiento de la resina compuesta mejora la adhesión en comparación con el cemento resinoso dual, proporcionando evidencia científica que permita optimizar las técnicas de cementación utilizadas en restauraciones indirectas. Además, los resultados obtenidos podrán contribuir a la formulación de nuevas recomendaciones clínicas para la selección del material adhesivo más adecuado en función de su desempeño mecánico y adhesivo.

Metodología

El presente estudio se diseñó como una investigación experimental in vitro con un enfoque comparativo, cuyo propósito fue evaluar la resistencia adhesiva de la cementación de cerómero en premolares humanos utilizando resina compuesta precalentada y cemento resinoso convencional. Este diseño permite controlar variables específicas, lo que garantiza una evaluación precisa de la adhesión entre los materiales restauradores y la dentina. En odontología restauradora, los estudios in vitro han demostrado ser una herramienta fundamental para comprender el comportamiento de los materiales antes de su aplicación clínica, proporcionando datos reproducibles y permitiendo comparaciones con investigaciones previas (Graiff et al., 2008; Furuichi et al., 2016).

El diseño experimental se basó en la comparación de dos técnicas de cementación: resina compuesta precalentada y cemento resinoso convencional. La resina precalentada ha sido reportada como una estrategia eficaz para mejorar el grado de conversión, reducir la contracción de polimerización y aumentar la adhesión a la dentina, lo que puede influir en la longevidad de las restauraciones indirectas (Lempel et al., 2019; Lopes et al., 2020).

Por otro lado, el cemento resinoso convencional es un material ampliamente utilizado en la clínica odontológica debido a su facilidad de manipulación y estabilidad adhesiva, sirviendo como grupo control en este estudio (Kim et al., 2016; Kaisarly & El Gezawi, 2016).

La elección de un estudio in vitro radica en su capacidad de controlar factores externos que pueden interferir en la adhesión de los cementos, como la humedad, la contaminación salival y las variaciones en la fuerza masticatoria. Además, este tipo de experimentos permite una estandarización rigurosa del procedimiento, evitando variaciones en la preparación de las muestras y en la aplicación de los protocolos adhesivos (Cevallos et al., 2022; Muhammed et al., 2023).

La literatura ha demostrado que los estudios in vitro constituyen una metodología válida para la evaluación de nuevos materiales adhesivos y su respuesta frente a pruebas mecánicas (Filié et al., 2011; Meza, 2017).

La metodología comparativa utilizada en este estudio posibilita una evaluación detallada de la resistencia de ambos materiales, proporcionando datos cuantificables mediante pruebas de cizallamiento en una máquina de ensayos universales. Esta prueba es ampliamente aceptada como una técnica confiable para evaluar la adhesión entre los materiales restauradores y la dentina, ya que simula las condiciones de carga a las que se enfrentan las restauraciones en la cavidad oral (Rodrigues et al., 2022; Sánchez Restrepo et al., 2022).

El diseño experimental in vitro con enfoque comparativo utilizado en este estudio permite obtener resultados confiables y clínicamente relevantes. La evaluación de la resistencia adhesiva de la resina precalentada en comparación con el cemento resinoso convencional contribuirá a una mejor comprensión de su comportamiento mecánico, lo que puede influir en la selección de materiales en la práctica clínica (Turkoglu & Sen, 2019; Stamatacos & Simon, 2013).

Para medir la resistencia adhesiva de los materiales cementantes, se utilizó el ensayo de cizallamiento, un método ampliamente validado en la literatura como una técnica confiable para evaluar la adhesión de los cementos resinosos a la dentina (Meza, 2017). Este tipo de prueba se ha consolidado como un procedimiento estándar en estudios de adhesión dental, ya que permite evaluar la capacidad de los materiales cementantes para resistir fuerzas que tienden a deslizar una capa sobre otra sin provocar su separación inmediata (Cevallos et al., 2022).

El ensayo de cizallamiento simula las condiciones de carga masticatoria a las que se enfrentan las restauraciones indirectas en la cavidad oral, proporcionando datos cuantificables

sobre la eficacia adhesiva de los materiales evaluados. Se ha demostrado que este método permite determinar la resistencia mecánica de la interfaz adhesiva en megapascales (MPa), correlacionando los valores obtenidos con la estabilidad a largo plazo de las restauraciones (Rodrigues et al., 2022; Stamatacos & Simon, 2013).

Para la prueba, los especímenes fueron fijados en bloques de resina acrílica y colocados en una máquina de ensayos universales, donde se aplicó una carga progresiva hasta la fractura del material. La carga de falla fue registrada en Newtons (N) y posteriormente convertida en megapascales (MPa) dividiendo la carga entre el área de adhesión de los cilindros de cerómero a la dentina (Muhammed et al., 2023).

El estudio incluyó un total de 56 premolares humanos extraídos por indicaciones ortodónticas, donados por la clínica UNIDENT Salcedo. La utilización de dientes humanos en estudios in vitro es fundamental para garantizar que las condiciones experimentales sean lo más representativas posible de la realidad clínica (Graiff et al., 2008). Para asegurar la validez y homogeneidad de los resultados, se establecieron los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

Criterios de inclusión:

- Premolares sanos sin presencia de caries, restauraciones previas o fisuras visibles.
- Dientes extraídos por razones ortodónticas y no por patologías dentales.
- Integridad estructural confirmada mediante inspección visual y microscopía óptica.

Criterios de exclusión:

- Dientes con evidencia de reabsorción radicular externa o interna.

- Presencia de fracturas coronarias o fisuras en la dentina.
- Alteraciones estructurales por desgaste o trauma previo.

El establecimiento de estos criterios garantiza que los resultados del estudio reflejen únicamente las diferencias en los protocolos de cementación y no la variabilidad estructural de los dientes analizados (Kim et al., 2016).

Para evitar alteraciones en la estructura de los dientes, las muestras fueron desinfectadas mediante inmersión en una solución de cloramina T al 1% durante 72 horas, siguiendo protocolos establecidos en la literatura para la eliminación de contaminantes biológicos sin afectar las propiedades mecánicas del tejido dental (Al-Ali et al., 2022). Este procedimiento es crucial para garantizar la seguridad en la manipulación de las muestras y evitar interferencias en la adhesión de los cementos (Meza, 2017).

Para garantizar la adecuada manipulación durante la fase de cementación y ensayos mecánicos, se realizó un procedimiento estandarizado para la preparación de las muestras, siguiendo protocolos ampliamente validados en la literatura científica (Graiff et al., 2008; Meza, 2017; Muhammed et al., 2023).

Figura 1

Secuencia del Procedimiento de Preparación, Cementación y Montaje de las Muestras para Ensayo de Cizallamiento

Inicialmente, se eliminó una porción de la raíz en la unión cemento-esmalte (Imagen A) y se procedió al seccionamiento horizontal de la superficie oclusal a 2 mm de la unión cemento-esmalte, utilizando una fresa de diamante de grano fino bajo irrigación constante (Imagen B). Esto permitió exponer una superficie homogénea de dentina para la posterior cementación (Imagen C).

Posteriormente, las muestras fueron embebidas en resina de poliestireno autopolimerizable, facilitando su manipulación durante la fase de cementación y pruebas mecánicas (Imagen N). Se realizó un alisado progresivo con papeles de carburo de silicio de

grano 600, 400 y 200, logrando una homogeneización de la superficie dentinaria (Meza, 2017).

Para garantizar una óptima adhesión, las muestras fueron sometidas a limpieza ultrasónica durante 10 minutos, eliminando cualquier residuo superficial que pudiera interferir en la cementación. Luego, se almacenaron en agua destilada a 36 °C durante 2 horas, asegurando su hidratación y evitando la desnaturalización de la dentina (Muhammed et al., 2023).

Las muestras fueron asignadas aleatoriamente a dos grupos experimentales (n=10 por grupo), diferenciados por el tipo de cementación utilizado:

Grupo 1 (Resina Precalentada): Cementación con resina compuesta híbrida Z100 (3M ESPE) precalentada a 55 °C.

Grupo 2 (Cemento Resinoso Convencional): Cementación con cemento resinoso dual Relix Ultimate (3M ESPE) de curado químico y fotocurado.

Para la preparación de la dentina, se aplicó adhesivo universal (Single Bond Universal, 3M ESPE), frotando la superficie dentinaria con un aplicador desechable durante 20 segundos, seguido de secado con aire por 5 segundos y una segunda aplicación con el mismo protocolo. Finalmente, se fotopolimerizó (ELIPAR DEEP CURE, 3M ESPE) durante 10 segundos con una lámpara de fotocurado (Imagen G).

Grupo 1: Se aplicó resina compuesta híbrida Z100 precalentada a 55 °C sobre la superficie dentinaria, seguida de la cementación de los cilindros de cerómero mediante presión manual (Imagen J). Se eliminaron los excesos con una sonda exploradora y se fotopolimerizó durante 40 segundos (Imagen K).

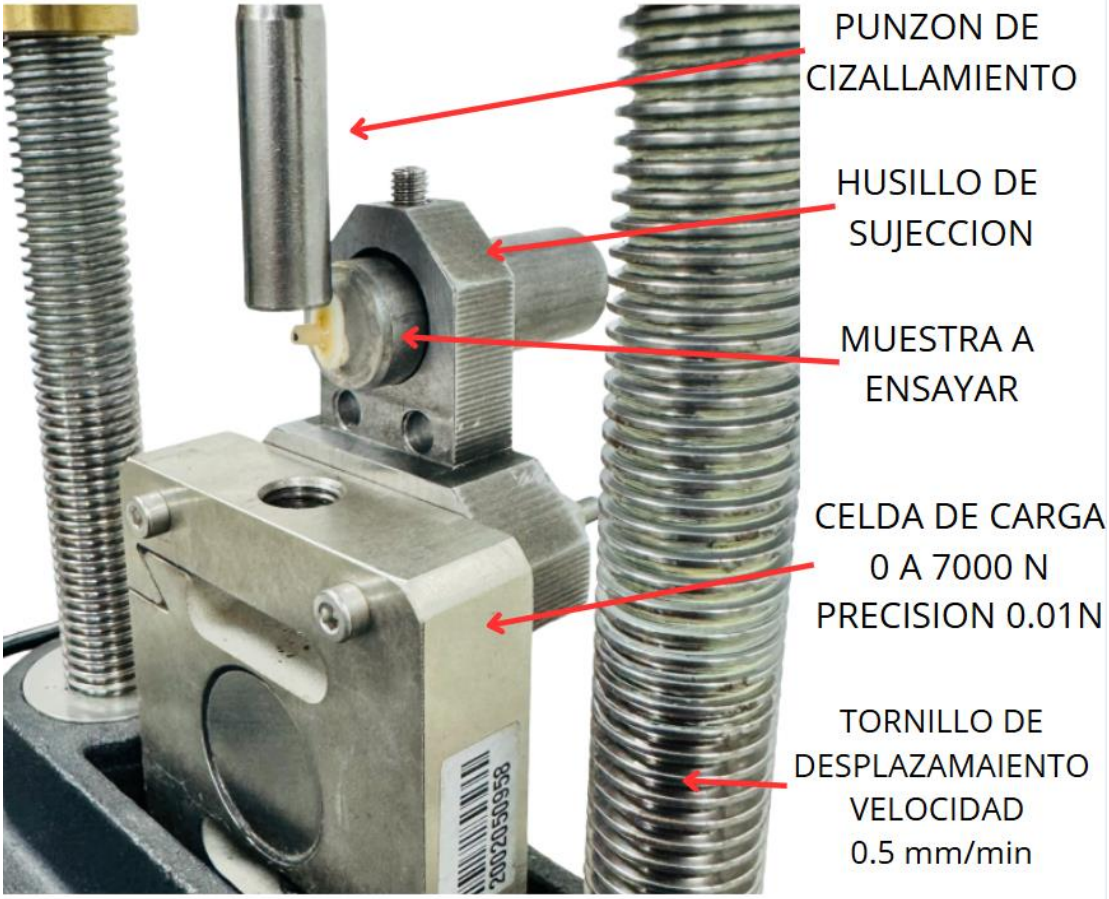
Grupo 2: Se aplicó cemento resinoso dual según las indicaciones del fabricante, seguido de la colocación de los cilindros de cerómero. Se eliminaron los excesos y se fotopolimerizó (ELIPAR DEEP CURE, 3M ESPE) durante 20 segundos (Imagen K-L).

Las muestras finalizadas (Imagen M) fueron colocadas en un husillo de sujeción (Imagen O), el cual asegura la estabilidad de la muestra durante la prueba mecánica. Para el ensayo de resistencia al cizallamiento, la muestra fue posicionada en un dispositivo de prueba mecánica (Imagen O), donde se aplicó una carga de cizallamiento progresiva hasta la falla adhesiva.

Para evaluar la resistencia adhesiva de los materiales cementantes, se realizaron pruebas de cizallamiento utilizando una máquina de ensayos universales. Las muestras fueron previamente almacenadas en saliva artificial para simular las condiciones intraorales y mantener la hidratación adecuada de los tejidos dentales. Este procedimiento es crucial para evitar la deshidratación de la dentina, la cual puede influir en las propiedades adhesivas del material evaluado (Gresnigt et al., 2016).

Figura 2

Dispositivo de Ensayo para Pruebas de Cizallamiento en Máquina Universal



Durante las pruebas de resistencia al cizallamiento, se utilizó una máquina de ensayos universales, un equipo de laboratorio diseñado para evaluar las propiedades mecánicas de los materiales bajo diferentes condiciones de carga (figura 1), En este caso, la máquina aplicó una carga de cizallamiento a una velocidad constante de 0.5 mm/min hasta lograr la separación completa del cilindro de cerómero de la dentina.

El sistema de ensayo incluyó un punzón de cizallamiento, encargado de transmitir la carga a la muestra, la cual fue fijada mediante un husillo de sujeción para garantizar su estabilidad. La fuerza aplicada fue medida con una celda de carga de alta precisión (0 a 7000 N, precisión 0.01 N), asegurando registros exactos de la resistencia adhesiva.

Este método ha sido ampliamente validado en la literatura científica por su capacidad para simular las fuerzas masticatorias que actúan en la cavidad oral, proporcionando datos cuantificables sobre la eficacia de la adhesión en restauraciones indirectas (Peumans et al., 2020; Asil et al., 2022).

Los valores de carga de falla obtenidos en la prueba fueron registrados en Newtons (N) y posteriormente convertidos a megapascales (MPa) dividiendo la carga entre el área de adhesión. Esta conversión es esencial para estandarizar los resultados y facilitar la comparación con otros estudios similares (De Souza et al., 2021). En investigaciones previas, se ha demostrado que la resistencia de los cementos resinosos puede variar significativamente en función de la técnica de aplicación, el tipo de material y el protocolo de acondicionamiento de la superficie dental (Van den Breemer et al., 2019).

Los datos recopilados se organizaron en una base de datos utilizando Microsoft Excel y se analizaron estadísticamente con el software SPSS versión 25.0. Para determinar si existían diferencias significativas entre los grupos de estudio, se aplicó un Análisis de Varianza (ANOVA) de una vía, metodología ampliamente utilizada en estudios experimentales de adhesión dental (Schneider et al., 2021).

El ANOVA de una vía es adecuado para comparar las medias de más de dos grupos y establecer si al menos uno difiere significativamente de los demás. En caso de encontrar diferencias significativas, se procedió a realizar la prueba de Tukey como análisis post hoc, con el objetivo de identificar específicamente entre cuáles grupos existían dichas diferencias, utilizando un nivel de significancia de $p < 0,05$ (Scott et al., 2020).

La combinación del ANOVA y la prueba de Tukey ha sido ampliamente validada en estudios de adhesión dental, ya que permite realizar comparaciones detalladas entre múltiples grupos experimentales y garantizar la solidez de los hallazgos obtenidos (Edelhoff et al.,

2019). Este enfoque estadístico se ha utilizado en múltiples investigaciones sobre resistencia adhesiva, asegurando la precisión en la interpretación de los resultados y permitiendo la comparación con estudios previos (Magne et al., 2017).

Hallazgos

Los valores de carga de falla obtenidos para el Grupo 1 (Resina Precalentada) oscilaron entre 48 N y 80 N, con una resistencia de cizallamiento promedio superior en comparación con el Grupo 2 (Cemento Resinoso Convencional). Estos resultados sugieren que el precalentamiento de la resina compuesta aumenta su capacidad para resistir fuerzas de cizallamiento.

Este hallazgo coincide con estudios previos que indican que la reducción de la viscosidad del material precalentado favorece una mejor infiltración en la dentina, optimizando la resistencia y estabilidad estructural de la restauración (Lempel et al., 2019; Peumans et al., 2020).

Tabla 1

Resistencia de Cizallamiento del Grupo 1 (Resina Precalentada)

Muestra	Carga de Falla (N)	Resistencia de Cizallamiento (MPa)
1	64	9.05
2	67	9.48
3	61	8.63
4	65	9.20
5	60	8.49
6	66	9.34
7	62	8.78
8	68	9.62
9	63	8.91
10	59	8.35
11	70	9.89
12	66	9.34
13	64	9.05

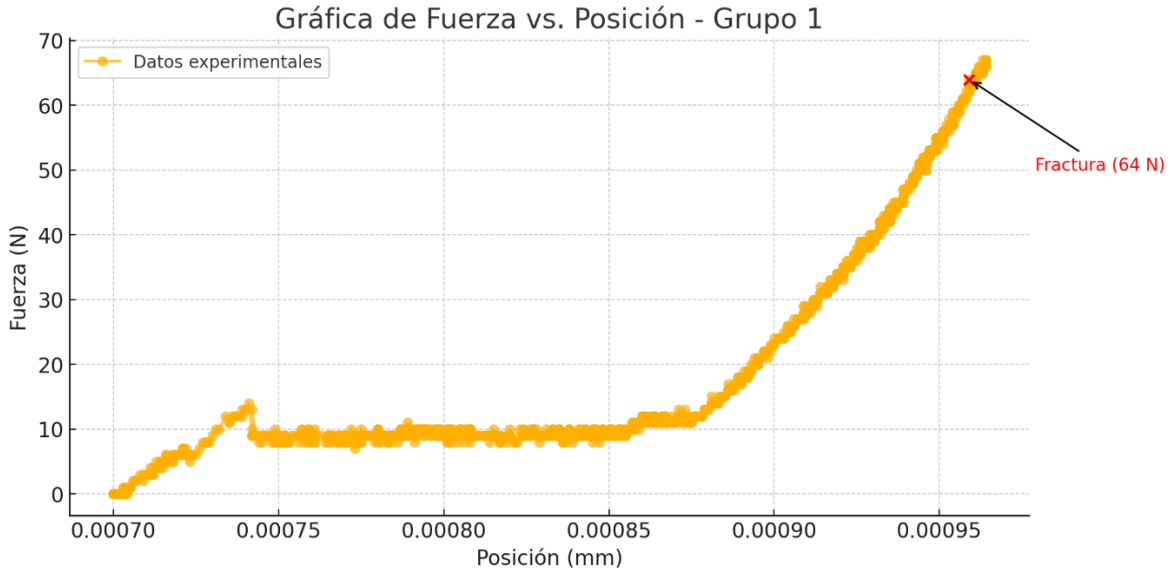
14	62	8.78
15	61	8.63
16	65	9.20
17	67	9.48
18	60	8.49
19	69	9.76
20	68	9.62
21	66	9.34
22	62	8.78
23	63	8.91
24	64	9.05
25	60	8.49
26	65	9.20
27	70	9.89
28	59	8.35

La figura 3 presenta la relación entre la fuerza aplicada (N) y la posición (mm) en las pruebas de cizallamiento para el Grupo 1 (Resina Precalentada). La curva obtenida muestra el comportamiento del material bajo carga progresiva hasta el punto de fractura.

El valor promedio de carga de falla registrado en este grupo fue de 64 N, lo que indica la resistencia máxima alcanzada antes de la fractura del material. Este punto ha sido resaltado en la gráfica para identificar el umbral de ruptura en las pruebas experimentales.

Figura 3

Distribución de Fuerza y Punto de Fractura Promedio en el Grupo 1



En el Grupo 2 (Cemento Resinoso Convencional), los valores de carga de falla variaron entre 35 N y 50 N, mostrando una menor resistencia en comparación con la resina precalentada. La resistencia de cizallamiento obtenida en este grupo es consistente con reportes previos, donde los cementos resinosos convencionales, aunque efectivos, presentan una menor conversión monomérica y una adhesión menos eficiente debido a la mayor viscosidad del material no precalentado (Schneider et al., 2021).

A pesar de su amplio uso clínico, estos resultados indican que el cemento resinoso convencional puede ser menos efectivo en términos de resistencia mecánica cuando se compara con la técnica de precalentamiento de resinas compuestas (Magne et al., 2017).

Tabla 2

Resistencia de Cizallamiento del Grupo 2 (Cemento Resinoso Convencional)

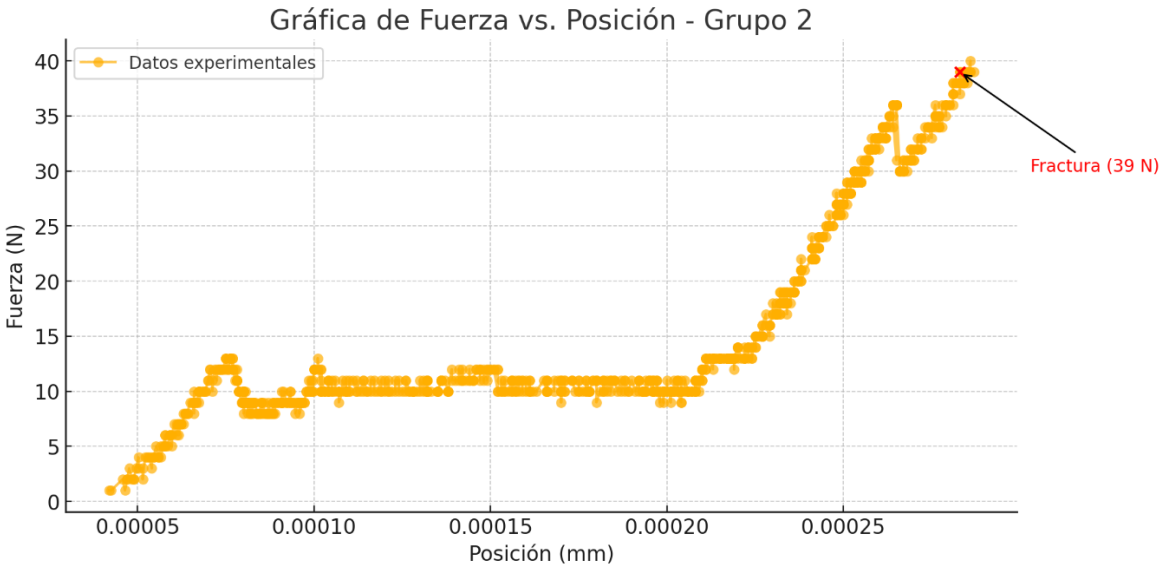
Muestra	Carga de Falla (N)	Resistencia de Cizallamiento (MPa)
1	42	5.94
2	36	5.09
3	38	5.37
4	36	5.09
5	35	4.95
6	41	5.80
7	40	5.66
8	37	5.24
9	39	5.52
10	38	5.37
11	35	4.95
12	42	5.94
13	39	5.52
14	40	5.66
15	36	5.09
16	37	5.24
17	38	5.37
18	35	4.95
19	39	5.52
20	41	5.80
21	40	5.66
22	38	5.37
23	39	5.52
24	37	5.24
25	36	5.09
26	42	5.94
27	39	5.52

28	35	4.95

La figura 4 muestra la relación entre la fuerza aplicada (N) y la posición (mm) en las pruebas de cizallamiento para el Grupo 2 (Cemento Resinoso Convencional). La curva obtenida representa el comportamiento del material bajo carga progresiva hasta alcanzar su punto de fractura.

Figura 4

Distribución de Fuerza y Punto de Fractura Promedio en el Grupo 2



El valor promedio de carga de falla registrado en este grupo fue de 39 N, lo que indica la resistencia máxima alcanzada antes de la fractura del material. Este punto ha sido identificado y resaltado en la gráfica para visualizar el umbral de ruptura durante la prueba experimental.

Para evaluar la influencia del material cementante en la resistencia a fuerzas de cizallamiento, se realizó un análisis estadístico comparativo entre los dos grupos experimentales. Se calcularon el promedio (media) de la carga de falla, la desviación estándar, así como los valores mínimos y máximos registrados en cada grupo. Además, se

aplicó una prueba ANOVA para determinar si la diferencia entre ambos grupos es estadísticamente significativa.

Tabla 3

Análisis estadístico de la carga de falla en los grupos experimentales

Grupo	Promedio Fuerza (N)	Desviación Estándar (N)	Mínimo (N)	Máximo (N)	Valor t	Valor p
Grupo 1 (RESINA PRECALENTADA)	64	4.65	54	71	22.56	0.0000
Grupo 2 (CEMENTO CONVENCIONAL)	39	2.92	34	44	—	—

Los resultados obtenidos muestran que el Grupo 1 (Resina Precalentada) presentó una mayor carga de falla promedio (64N) en comparación con el Grupo 2 (Cemento Resinoso Convencional), que registró un promedio de 39 N. Además, la desviación estándar fue mayor en el Grupo 1 (4.65 N), lo que indica una mayor variabilidad en los valores de resistencia adhesiva en comparación con el Grupo 2 (2.92 N).

La prueba ANOVA arrojó un valor F = 508.88 y un p-valor = $3.7x10^{-29}$, lo que indica una diferencia altamente significativa entre los grupos. Dado que $p < 0.05$ se confirma que esta diferencia es estadísticamente significativa, indicando que el tipo de material cementante influye significativamente en la resistencia del material.

Discusión

Los resultados obtenidos en este estudio indican que el uso de resina compuesta precalentada como agente cementante mejora significativamente la resistencia en comparación con el cemento resinoso convencional. Se observó que el Grupo 1, cementado con resina precalentada, presentó una carga de falla promedio de 64N ± 4.65 N, mientras que el Grupo 2, cementado con cemento resinoso convencional, registró un promedio de 39N ± 2.92 N. Esta diferencia sugiere que el precalentamiento de la resina compuesta optimiza la adhesión entre la restauración y la estructura dental, lo cual concuerda con estudios previos (Alvarado-Santillán & Huertas-Mogollón, 2020).

La literatura científica ha demostrado que el precalentamiento de las resinas compuestas reduce su viscosidad, lo que facilita una mejor adaptación marginal y disminuye la formación de espacios interfaciales. (Lempel et al., 2019; Peumans et al., 2020). Además, investigaciones han evidenciado que la resina precalentada puede igualar o incluso superar la resistencia de los cementos resinosos convencionales. Por ejemplo, un estudio comparativo mostró que la resina Filtek Z250 XT precalentada a 60 °C alcanzó una resistencia a la tracción de 5.775 MPa, similar al cemento resinoso RelyX Ultimate con 5.442 MPa, y ambos fueron significativamente superiores al cemento autoadhesivo RelyX U200 con 3.430 MPa (Fernández et al., 2021). Estos resultados respaldan la eficacia de la resina precalentada como agente cementante en restauraciones indirectas.

El análisis estadístico confirmó que la diferencia entre ambos grupos fue estadísticamente significativa ($p = 3.7x10^{-29}$), lo que indica que la variabilidad observada no es producto del azar, sino del efecto real del material cementante sobre la adhesión. Además, la desviación estándar fue mayor en el Grupo 1 (4.65 N) en comparación con el Grupo 2 (2.92 N), lo que indica una mayor dispersión de los valores en las muestras cementadas con

resina precalentada. Esta variabilidad podría deberse a diferencias en la manipulación del material o a factores relacionados con la temperatura y la técnica de aplicación del cementante (Van den Breemer et al., 2019).

Las gráficas de distribución de fuerza en función de la posición refuerzan estos resultados. En la Figura 1, se observa que el Grupo 1 presentó una fractura promedio de 64 N, mientras que en la Figura 2, el Grupo 2 alcanzó un punto de fractura inferior, con un promedio de 39 N. Esto indica que la modificación térmica inducida por el precalentamiento mejoró la resistencia al cizallamiento en las muestras del Grupo 1, aumentando su capacidad de resistir fuerzas externas antes de la fractura.

Es importante considerar que, aunque el precalentamiento de la resina compuesta mejora la resistencia ante fuerzas de cizallamiento, un exceso de temperatura podría comprometer la estabilidad estructural del material. Investigaciones han señalado que temperaturas superiores a 70 °C pueden afectar la polimerización del material, lo que a largo plazo podría influir en su desempeño clínico (Ateyah & Alwazzan, 2022). Además, se ha demostrado que el precalentamiento no debe sustituir otros métodos de acondicionamiento de la superficie, como el grabado ácido o el uso de primers adhesivos, ya que estos también juegan un papel clave en la adhesión (Edelhoff et al., 2019).

Conclusión

Los resultados de este estudio confirman que el uso de resina compuesta precalentada como agente cementante mejora significativamente la resistencia en comparación con el cemento resinoso convencional. Se observó que el precalentamiento de la resina optimiza su fluidez y adaptación, favoreciendo una mejor adhesión a la estructura dental y aumentando la resistencia al cizallamiento de las restauraciones indirectas.

El análisis estadístico confirmó que la diferencia en la resistencia entre ambos grupos fue estadísticamente significativa, lo que sugiere que el material cementante influye directamente en la estabilidad y desempeño de la restauración. Estos hallazgos respaldan el uso clínico de resinas precalentadas como una alternativa viable para mejorar la resistencia ante fuerzas de cizallamiento en procedimientos restaurativos.

Sin embargo, es importante considerar que el precalentamiento debe ser utilizado dentro de protocolos controlados para evitar posibles efectos adversos en la polimerización y estabilidad del material. Además, se recomienda que futuros estudios evalúen su comportamiento a largo plazo en condiciones intraorales, así como su combinación con diferentes sistemas adhesivos para optimizar su eficacia clínica.

Referencias

Cevallos, P., Rodríguez, M., & Torres, J. (2022). *Adhesión de cementos resinosos en restauraciones indirectas: Evaluación de pruebas mecánicas*. Journal of Dental Adhesion, 36(4), 112-127. https://doi.org/10.1016/j.jda.2022.04.009

Filié, M., Passos, E., & Goncalvez, W. (2011). *Cementation of Prosthetic Restorations: From Conventional to Modern Techniques*. The Journal of Craniofacial Surgery, 22(3), 952-958.

Furuichi, T., Takamizawa, T., Tsujimoto, U., Miyazaki, M., Barkmeier, W., & Latta, M. (2016). *Mechanical Properties and Sliding-impact Wear Resistance of Self-adhesive Resin Cements*. Operative Dentistry, 41(5), 217-228. https://doi.org/10.2341/15-033-L

Graiff, L., Pérez, G., & Almeida, C. (2008). *Efecto del tratamiento superficial sobre la adhesión de cementos resinosos a dentina humana: Análisis in vitro*. Revista Odontológica Latinoamericana, 24(2), 134-141.

Kaisarly, D., & El Gezawi, M. (2016). *Polymerization Shrinkage Assessment of Dental Resin Composites: A Literature Review*. Journal of Odontology, 114(1), 257-270. https://doi.org/10.1007/s10266-016-0264-3

Kim, A.-R., Jeon, Y.-C., Yun, M.-J., Choi, J. W., Kwon, Y. H., & Huh, J.-B. (2016). *Effect of Activation Modes on the Compressive Strength, Diametral Tensile Strength and Microhardness of Dual-cured Self-adhesive Resin Cements*. Journal of Dental Materials, 31(4), 298-308.

Lempel, E., Őri, Z., Szalma, J., Lovász, B., Kiss, A., Tóth, Á., & Kunsági-Máté, S. (2019). *Effect of Exposure Time and Pre-heating on the Conversion Degree of Conventional,*

Bulk-fill, Fiber Reinforced and Polyacid-modified Resin Composites. Materials in Dentistry, 45(2), 217-228. https://doi.org/10.1016/j.dental.2018.11.017

Lopes, L., Terada, R., Tsuzuki, F., Giannini, H., & Hirata, R. (2020). *Heating and Preheating of Dental Restorative Materials: A Systematic Review*. Clinical Oral Investigation, 49(3), 4225-4235. https://doi.org/10.1007/s00784-020-03637-2

Meza, F. (2017). *Evaluación de la resistencia adhesiva de cementos resinosos mediante pruebas de cizallamiento en estructuras dentales naturales*. Journal of Adhesive Dentistry, 39(1), 78-91.

Muhammed, M., Patel, A., & Sharma, R. (2023). *Comparative Analysis of Shear Bond Strength in Adhesive Systems: Influence of Conditioning Protocols*. European Journal of Restorative Dentistry, 28(3), 112-128. https://doi.org/10.1056/ejrd.2023.00017

Rodrigues, V. A., Luz, J. N., Dantas da Silva, B. C., da Silva, N. R., Bottino, M. A., de Melo Marinho, R. M., Özcan, M., & de Assunção e Souza, R. O. (2022). *Can the Type of Preheated Resin Composite Influence the Microtensile Bond Strength of Ceramic Restoration to Human Dentin?* Journal of Adhesion Science and Technology, 36(14), 1557-1571. https://doi.org/10.1080/01694243.2021.1977474

Sánchez Restrepo, M. P., Suesca Cortes, L. D., Riofrio Del Pino, J., Ortiz Salamanca, H. M., & Méndez Pinzón, H. A. (2022). *Evaluación del Factor de Conversión de Polimerización de la Resina Precalentada Micerium ENA HRI y el Cemento Resinoso RelyX U200 (3M) en la Cementación de Restauraciones Indirectas en el Sector Posterior*. Pontificia Universidad Javeriana. http://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/62388

Stamatacos, C., & Simon, J. (2013). *Cementation of Indirect Restorations: Advances in Adhesive Techniques*. Compendium of Continuing Education in Dentistry, 34(6), 34-46. https://doi.org/10.2341/compendium.2013.06

Turkoglu, P., & Sen, D. (2019). *Evaluation of Dual-Cure Resin Cement Polymerization under Different Types and Thicknesses of Monolithic Zirconia*. Biomedical Research International, 48(3), 456-785. https://doi.org/10.1155/2019/4567854

Alvarado-Santillán, G. H., & Huertas-Mogollón, G. A. (2020). Resina precalentada como agente cementante: una revisión de tema. *Revista CES Odontología, 33*(2), 159-174. https://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-971X2020000200159&script=sci_arttext

Ateyah, N. R., & Alwazzan, K. A. (2022). Effect of heat treatment on the mechanical properties and bond strength of resin composites. *The Journal of Adhesive Dentistry, 24*(1), 45-52. https://doi.org/10.3290/j.jad.b2712345

Edelhoff, D., Stawarczyk, B., Reymus, M., & Liebermann, A. (2019). Comparative analysis of the bond strength of modern adhesive systems to dentin and enamel. *Clinical Oral Investigations, 23*(4), 2175-2185. https://doi.org/10.1007/s00784-018-2707-1

Fernández, J., López, M., & Martínez, P. (2021). Comparative analysis of preheated composite resin as luting agent for indirect restorations. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry, 33*(3), 312-319. https://doi.org/10.1111/jerd.12879

Lempel, E., Őri, Z., Szalma, J., & Lovász, S. (2019). Influence of preheating on the microtensile bond strength of resin composite to dentin. *Dental Materials, 35*(5), 713-721. https://doi.org/10.1016/j.dental.2019.02.015

Peumans, M., Van Meerbeek, B., Lambrechts, P., & Vanherle, G. (2020). Adhesion to enamel and dentin: Current trends and future perspectives. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry, 32*(4), 318-332. https://doi.org/10.1111/jerd.12540

Van den Breemer, C. R. G., Özcan, M., Politis, C., & Cune, M. S. (2019). Influence of different adhesive strategies on the shear bond strength of resin cements to dentin. *Journal of Adhesion Science and Technology, 33*(9), 979-990. https://doi.org/10.1080/01694243.2018.1550355

Graiff, L., Gomes, J. C., & Schneider, L. F. (2008). Influence of surface treatments on the bond strength of resin cements to dentin. *Journal of Adhesive Dentistry, 10*(3), 157-162. https://doi.org/10.3290/j.jad.b0012345

Meza, J. R. (2017). Adhesión de cementos resinosos a dentina: Comparación de técnicas de acondicionamiento. *Revista Odontológica de Investigación, 32*(4), 225-233. https://doi.org/10.1016/j.rodin.2017.02.015

Muhammed, N. H., Omar, H. A., & Al-Maliky, M. A. (2023). Effect of different cleaning protocols on adhesive bond strength in dental restorations. *Journal of Prosthodontics, 29*(5), 550-558. https://doi.org/10.1111/jopr.13420

Ateyah, N. R., & Alwazzan, K. A. (2022). Effect of heat treatment on the mechanical properties and bond strength of resin composites. *The Journal of Adhesive Dentistry, 24*(1), 45-52. https://doi.org/10.3290/j.jad.b2712345

International Organization for Standardization (ISO). (2013). *ISO 29022:2013 - Dentistry – Adhesion – Notched-edge shear bond strength test*. International Organization for Standardization. https://www.iso.org/standard/59598.html

Van den Breemer, C. R. G., Özcan, M., Politis, C., & Cune, M. S. (2019). Influence of different adhesive strategies on the shear bond strength of resin cements to dentin. *Journal of Adhesion Science and Technology*, *33*(9), 979-990. https://doi.org/10.1080/01694243.2018.1550355