UNIVERSIDAD HEMISFERIOS

Facultad de Ciencias de la Salud

Tema:

Evaluación de la Resistencia Adhesiva del PMMA utilizando Cemento Resinoso y Resina Precalentada. Estudio *In-Vitro*

Trabajo de Titulación para la obtención de Título de Especialista en Rehabilitación Oral y Prótesis Implanto Asistida

Presentada por:

Karen Yolanda Guevara Guaman

Tutor:

Dr. Lucas Machado

Quito, marzo de 2026

Resumen

Objetivo*:* Evaluar la resistencia adhesiva del polimetilmetacrilato (PMMA) cuando se cementa con dos estrategias diferentes: cemento resinoso fotopolimerizable y resina compuesta precalentada. ***Método:*** Se confeccionaron 16 láminas de PMMA (n = 8 por grupo), estandarizados en tamaño. Las muestras se dividieron aleatoriamente en dos grupos: (1) cementación con cemento resinoso fotopolimerizable y (2) cementación con resina compuesta precalentada a 55–60 °C, cada grupo se dividido en 2 subgrupos: 1 Arenado: las superficies de PMMA fueron arenadas con Óxido de aluminio de 50 μm durante 5 s y el segundo subgrupo: ácido fosfórico se distribuyó sobre la superficie de PMMA durante 15s. Posteriormente se cementaron 4 microtubos de resina en cada lámina, los cuales fueron fabricados con tubo tygon y resina compuesta, a continuación, fueron fotopolimerizados con lámpara LED de alta potencia Valo Grand Tras 24 horas de almacenamiento en agua destilada, los especímenes fueron sometidos a ensayo de microcizallamiento en una máquina universal de ensayos, registrándose los valores en MPa con una velocidad de 0.5mm/min. ***Resultados:*** Según este estudio se concluye que el protocolo conformado por cemento resinoso combinado con arenado del PMMA se establece como la opción más segura, eficaz y predecible para restauraciones indirectas.

Palabras-clave: PMMA, CEMENTO RESINOSO, RESINA COMPUESTA PRECALENTADA, RESISTENCIA ADHESIVA, ESTUDIO IN-VITRO

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.

Karen Yolanda Guevara Guamán

Firmado electrónicamente por:
KAREN YOLANDA GUEVARA GUAMAN
Validar únicamente con FirmaEC

C.I.: 1718909219

Dedicatoria

Este trabajo va dedicado a mis padres, quienes me han apoyado desde siempre, por su amor, comprensión, constancia, tolerancia y paciencia infinita.

A mis hermanos, por su ayuda incondicional, su apoyo constante y por estar siempre a mi lado.

Índice

Resumen....2
Declaración De Aceptación De Norma Ética Y Derechos....3
Dedicatoria....4
Índice....5
Índice de Figuras....6
Índice de Tablas....7
Resumen....8
Abstract....9
Introducción....9
Metodología....11
Preparación de las muestras....11
Protocolo de cementación....13
Ensayo de resistencia adhesiva....17
Resultados....18
Organización de los datos y depuración inicial....18
Estadística descriptiva de la resistencia adhesiva....19
Análisis de fallas pre – ensayo.....21
Evaluación del supuesto de normalidad.....22
Comparación inferencial entre grupos,....22
Representación gráfica de la resistencia adhesiva.....25
Discusión....29
Conclusiones....33
Recomendaciones....34
Referencias....36

Índice de Figuras

Figura 1 *Estrategia de fresado*.....11

Figura 2 *Fresado de muestras con DWX-52Di y obtención de láminas de PMMA* 12

Figura 3 *Fabricación de tubos de resina de 2mm de alto y 0,8 de diámetro con tygon*.....12

Figura 4 *Cementación de tubo de resina sobre superficie de PMMA arenada utilizando cemento resinoso*.....13

Figura 5 *Grupos G1 (naranja) y G2 (azul)*.....13

Figura 6 *Calentador de resina Ena Heat grupo Micerium*.....14

Figura 7 *Superficie del PMMA arenada con óxido de aluminio* 15

Figura 8 *Colocación de Ácido Ortofosfórico Condac FGM 37%* 15

Figura 9 *Fotopolimerización con lampara de luz led Valo Grand, Ultradent* 16

Figura 10 *Grupos G3 (rojo) y G4 (blanco)*.....16

Figura 11 *Muestras almacenadas en recipiente* 17

Figura 12 *Máquina de ensayo universal Dinamómetro marca Muver*.....17

Figura 13 *Distribución de la resistencia adhesiva por grupo experimental (Boxplot)* 26

Figura 14 *Frecuencia de fallas pre-ensayo por grupo experimental (Gráfico de barras)*.....28

Índice de Tablas

Tabla 1 *Estadística descriptiva de la resistencia adhesiva (MPa) por grupo* 20

Tabla 2 *Frecuencia de fallas pre - ensayo por grupo* 21

Tabla 3 *Prueba de normalidad (Shapiro–Wilk)* 22

Tabla 4 *Prueba de Kruskal–Wallis para la resistencia adhesiva (MPa)* 23

Tabla 5 *Estadísticos de la prueba Kruskal - Wallis* 23

Tabla 6 *Comparaciones pareadas (Mann–Whitney U, p ajustado)* 24

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA ADHESIVA DEL PMMA UTILIZANDO CEMENTO RESINOSO Y RESINA PRECALENTADA. ESTUDIO *IN-VITRO*

Karen Yolanda Guevara Guamán

karen.ygg_703@hotmail.com

Resumen

Objetivo: Evaluar la resistencia adhesiva del polimetilmetacrilato (PMMA) cuando se cementa con dos estrategias diferentes: cemento resinoso fotopolimerizable y resina compuesta precalentada. **Método:** Se confeccionaron 16 láminas de PMMA (n = 8 por grupo), estandarizados en tamaño. Las muestras se dividieron aleatoriamente en dos grupos: (1) cementación con cemento resinoso fotopolimerizable y (2) cementación con resina compuesta precalentada a 55–60 °C, cada grupo se dividido en 2 subgrupos: 1 Arenado: las superficies de PMMA fueron arenadas con Óxido de aluminio de 50 μm durante 5 s y el segundo subgrupo: ácido fosfórico se distribuyó sobre la superficie de PMMA durante 15s. Posteriormente se cementaron 4 microtubos de resina en cada lámina, los cuales fueron fabricados con tubo tygon y resina compuesta, a continuación fueron fotopolimerizados con lámpara LED de alta potencia Valo Grand Tras 24 horas de almacenamiento en agua destilada, los especímenes fueron sometidos a ensayo de microcizallamiento en una máquina universal de ensayos, registrándose los valores en MPa con una velocidad de 0.5mm/min. **Resultados:** Según este estudio se concluye que el protocolo conformado por cemento resinoso combinado con arenado del PMMA se establece como la opción más segura, eficaz y predecible para restauraciones indirectas.

Palabras-clave: PMMA, CEMENTO RESINOSO, RESINA COMPUESTA PRECALENTADA, RESISTENCIA ADHESIVA, ESTUDIO IN-VITRO

Abstract

Objective: To evaluate the adhesive strength of polymethyl methacrylate (PMMA) when cemented using two different strategies: light-cured resin cement and preheated composite resin. Method: Sixteen PMMA sheets (n = 8 per group) were prepared, standardized in size. The samples were randomly divided into two groups: (1) cementation with light-cured resin cement and (2) cementation with composite resin preheated to 55–60°C. °C, each group divided into two subgroups: 1 Sandblasting: the PMMA surfaces were sandblasted with 50 μm aluminum oxide for 5 s and the second subgroup: phosphoric acid was distributed over the PMMA surface for 15 s. Four resin microtubes were then cemented onto each sheet, which were made from Tygon tubing and composite resin, and then were light-cured with a high-power Valo Grand LED lamp. After 24 hours of storage in distilled water, the specimens were subjected to micro-shear testing in a universal testing machine, recording the values in MPa at a speed of 0.5 mm/min. Results: According to this study, it is concluded that the protocol consisting of resin cement combined with PMMA sandblasting is established as the safest, most effective, and most predictable option for indirect restorations.

Keywords: PMMA, RESIN CEMENT, PREHEATED COMPOSITE RESIN, ADHESIVE STRENGTH, IN-VITRO STUDY.

Introducción

El polimetilmetacrilato (PMMA) es un material polimérico ampliamente utilizado en odontología, especialmente para la confección de restauraciones provisionales y prótesis temporales. Su elección se justifica por características como estética aceptable, baja densidad, facilidad de manipulación, versatilidad de indicaciones clínicas y, principalmente, su buena relación costo-beneficio, lo que lo convierte en una alternativa accesible para pacientes que no pueden someterse de manera inmediata a tratamientos definitivos (Díez-Pascual, 2022; Zafar, 2020) (Juntavee et al., 2023).

A pesar de sus ventajas, el PMMA presenta limitaciones relacionadas con su longevidad y desempeño clínico. Una de las principales dificultades es garantizar una adecuada adhesión del material a la estructura dental, aspecto esencial incluso en restauraciones provisionales, ya que influye en la estabilidad, el sellado marginal y la durabilidad del tratamiento. (Dawood Jadaan et al., 2025) (Galant et al., 2024)

Diversos agentes cementantes se han empleado con este propósito. Los cementos resinosos, disponibles en versiones de polimerización química, dual o fotopolimerizable, se destacan por su dureza, baja solubilidad en el medio oral y capacidad de unión micromecánica al esmalte y la dentina. (Elkaffass et al., 2020; Lousan do Nascimento Poubel et al., 2022; Silva et al., 2023). Por otro lado, la utilización de resinas compuestas precalentadas ha sido propuesta como una alternativa viable, ya que el aumento de la temperatura reduce la viscosidad, mejora la fluidez y disminuye el espesor de la película, lo que puede traducirse en mejor adaptación marginal y mayor resistencia al desgaste. (Marcondes et al., 2021)

Un aspecto fundamental en la evaluación de los sistemas de cementación es la selección de un método confiable para medir la adhesión entre materiales. En odontología, las pruebas mecánicas de microtracción y microcizallamiento han sido ampliamente utilizadas para analizar la resistencia adhesiva en la interfaz entre la restauración y la estructura dental, ya sea en esmalte o en dentina. Estos ensayos, reconocidos desde hace varios años, constituyen una referencia segura y estandarizada para valorar el desempeño de diferentes materiales adhesivos. En este sentido, la utilización de la máquina universal de ensayos permite obtener datos objetivos y reproducibles acerca del comportamiento adhesivo del PMMA cuando se combina con diferentes agentes cementantes.

En este contexto, resulta pertinente investigar cuál de estas estrategias de cementación, cemento resinoso o resina compuesta precalentada, ofrece un mejor desempeño

adhesivo al PMMA. De este modo, aunque se trate de un material provisional, podría garantizarse una mayor estabilidad y longevidad clínica en beneficio del paciente.

Metodología

Delineamiento experimental

El estudio será de carácter experimental, in-vitro, con diseño comparativo. El factor en estudio será el tipo de agente cementante utilizado para la unión del PMMA en dos niveles: Cemento resinoso fotopolimerizable y Resina compuesta precalentada. La variable de respuesta será la resistencia adhesiva al microcizallamiento (µSBS).

Preparación de las muestras

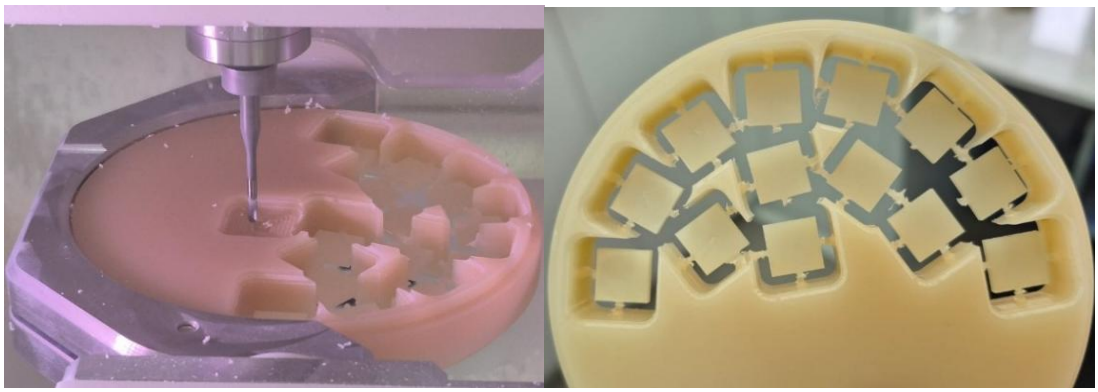
Se confeccionaron 16 láminas de PMMA (n = 8 por grupo), con dimensiones estandarizadas de 10mm x 10mm y 1mm de altura (Grangeiro et al., 2023) a partir de bloques de PMMA de la marca Upcera, se utilizó la fresadora DWX-52Di.

Figura 1

Estrategia de fresado

Figura 2

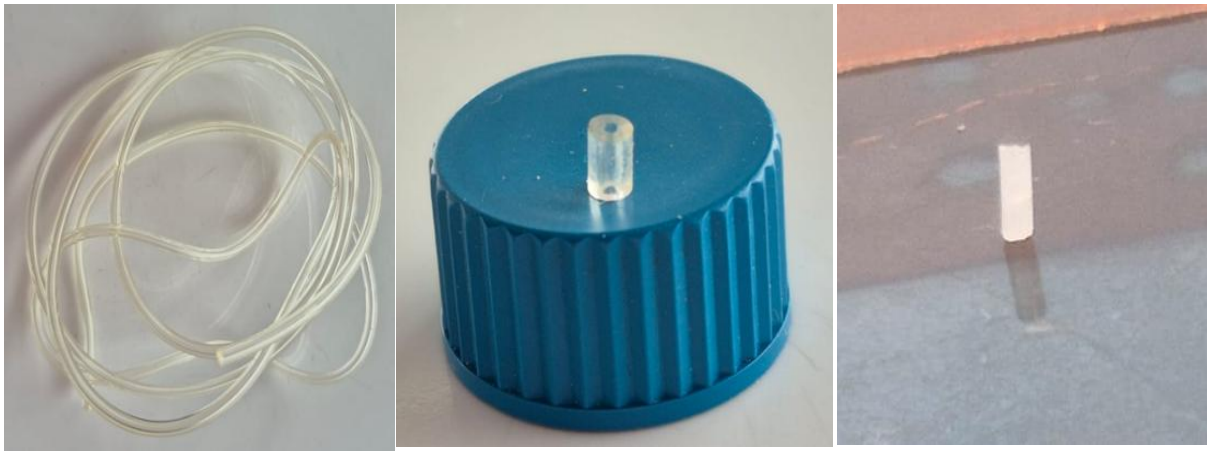
Fresado de muestras con DWX-52Di y obtención de láminas de PMMA



Se fabricaron 64 tubos de resina de ⌀ 0,8 x 2mm de alto (4 microtubos por cada cuerpo de prueba.) con tubo tygon y resina compuesta. Primero cortamos el tubo tygon con 2mm de altura, posteriormente empaquetamos la resina compuesta Filtek Z250, 3M ESPE dentro del tubo y finalmente fotocuramos con lampara de luz led Valo Grand, a continuación, retiramos el tubo de resina con ayuda de un bisturí 15C.

Figura 3

Fabricación de tubos de resina de 2mm de alto y 0,8 de diámetro con tygon



Protocolo de cementación

Las muestras se dividieron aleatoriamente en dos grupos:

Grupo Cemento (Cemento resinoso): las superficies de PMMA recibieron la aplicación de un cemento resinoso fotopolimerizable 3M Relyx Ultimate.

Figura 4

Cementación de tubo de resina sobre superficie de PMMA arenada utilizando cemento

.

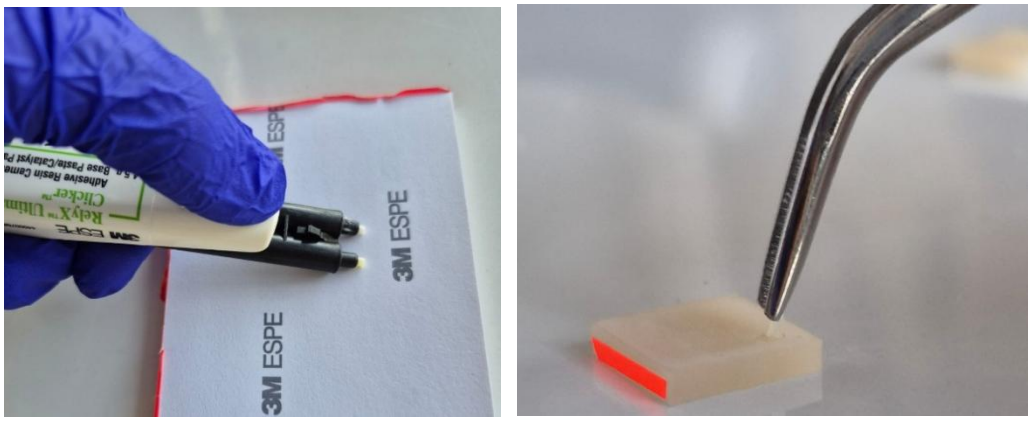
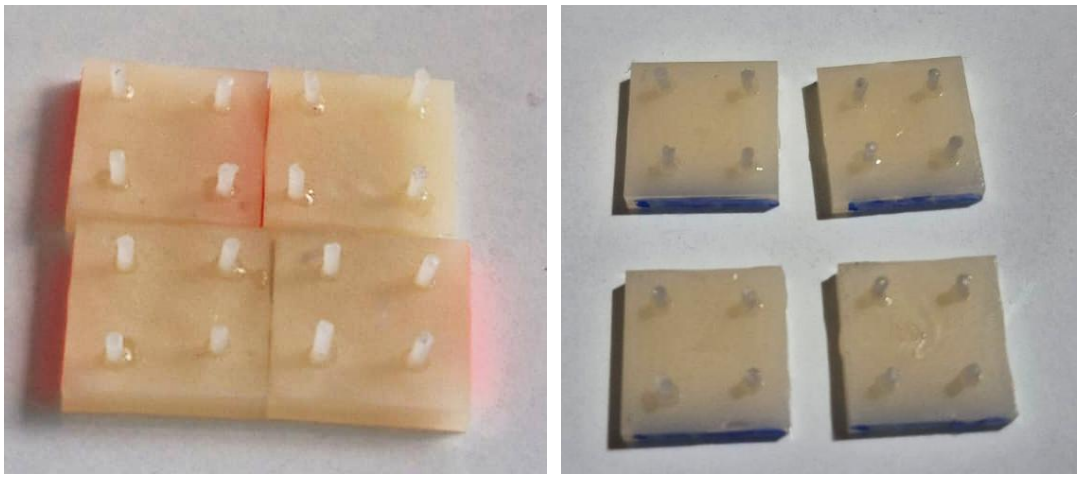


Figura 5

Grupos G1 (naranja) y G2 (azul)



Grupo Resina – (Resina compuesta precalentada): las superficies de PMMA recibieron la aplicación de resina compuesta Filtek Z350 XT, previamente precalentada a 55°C en un calentador Ena Heat del grupo Micerium.

Figura 6

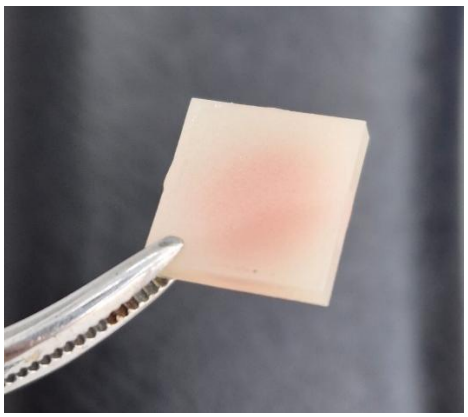
Calentador de resina Ena Heat grupo Micerium

Posteriormente cada grupo se dividirá aleatoriamente en dos subgrupos grupos:

Subgrupo1: Arenado: se realizó arenado con oxido de aluminio de 50 micras durante 5 segundos a una distancia de 10 mm.

Figura 7

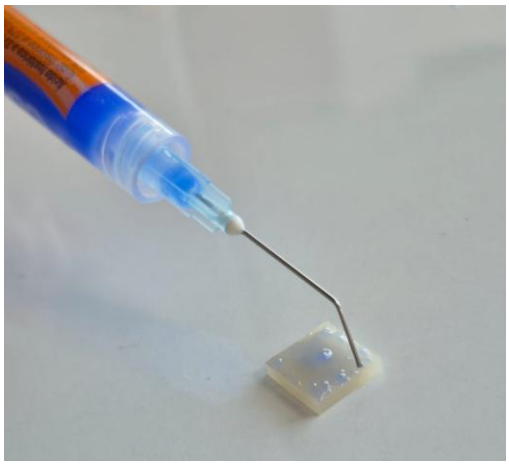
Superficie del PMMA arenada con óxido de aluminio



Subgrupo 2: ácido fosfórico: las superficies de PMMA recibieron la aplicación de ácido fosfórico durante 20s y posteriormente fueron lavados con agua a presión

Figura 8

Colocación de Ácido Ortofosfórico Condac FGM 37%



En ambos grupos, los materiales fueron fotopolimerizados con lámpara LED de alta potencia (≥ 1000 mW/cm²) durante 20 segundos, según las recomendaciones del fabricante.

Figura 9

Fotopolimerización con lampara de luz led Valo Grand, Ultradent

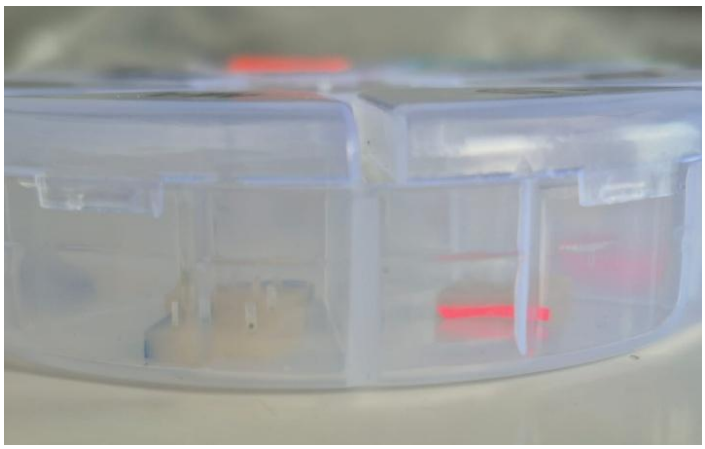
Figura 10

Grupos G3 (rojo) y G4 (blanco)

Las muestras fueron adheridas a cilindros de acrílico transparente para facilitar su manipulación y posteriormente las muestras fueron almacenadas en recipientes hasta ser sometidas al ensayo.

Figura 11

Muestras almacenadas en recipiente

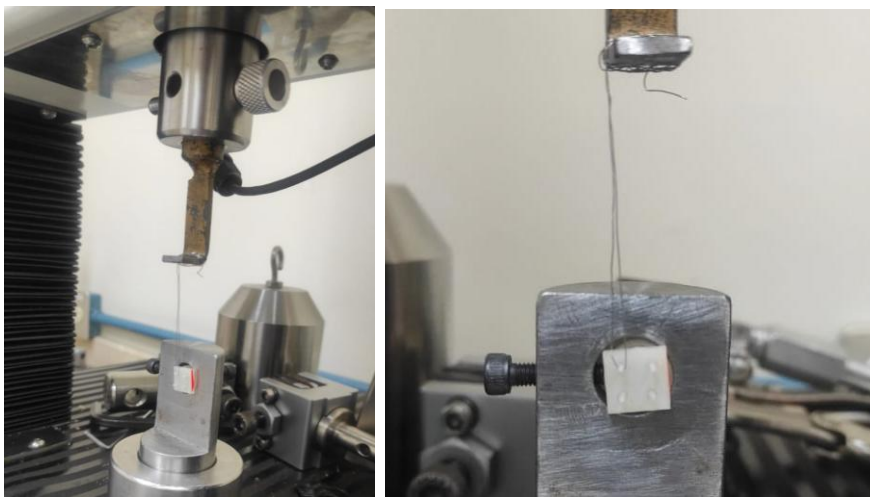


Ensayo de resistencia adhesiva

Después de 24 horas de almacenamiento en agua destilada a 37°C, las muestras fueron sometidas al ensayo de microcizallamiento en una máquina universal de ensayos dinamómetro marca Muver con aplicación de carga a una velocidad de 0.5mm /min hasta la falla adhesiva. Los valores de resistencia fueron registrados en MPa. La tensión de ruptura de los especímenes se determinó por la relación entre la carga registrada en el momento de la fractura (kgf) y el área del espécimen en el plano de fractura (cm^2), expresada en MPa. Estos valores serán denominados "resistencia de unión (RU)" para cada espécimen evaluado.

Figura 12

Máquina de ensayo universal Dinamómetro marca Muver



Resultados

El presente capítulo tiene como finalidad presentar los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia adhesiva al microcizallamiento del PMMA de manera ordenada, progresiva y comprensible. Para ello, se sigue una secuencia analítica que inicia con la organización y descripción básica de los datos, continúa con la evaluación de sus características estadísticas y culmina con la comparación inferencial entre los grupos experimentales.

La estructura del capítulo responde a la necesidad de que el lector comprenda no solo qué resultados se obtuvieron, sino también cómo se obtuvieron y por qué se utilizaron determinadas pruebas estadísticas, garantizando la transparencia metodológica del análisis. Este enfoque permite que los resultados puedan ser interpretados adecuadamente en el capítulo posterior de discusión.

Organización de los datos y depuración inicial

Antes de realizar cualquier análisis estadístico, es indispensable organizar y revisar los datos obtenidos experimentalmente. Esta etapa permite identificar valores válidos, detectar posibles datos faltantes y comprender la naturaleza de las mediciones disponibles. En estudios de resistencia adhesiva, este paso es particularmente relevante debido a la posibilidad de fallas adhesivas tempranas que impidan la obtención de valores numéricos.

El diseño experimental contempló cuatro grupos, cada uno conformado inicialmente por 16 especímenes, correspondientes a las combinaciones entre agente cementante y tratamiento superficial. Durante la ejecución del ensayo de microcizallamiento se observó que algunos especímenes no generaron valores de fuerza medibles, debido a desprendimientos ocurridos antes o inmediatamente al inicio de la aplicación de la carga.

Estos eventos fueron registrados como fallas pre-ensayo, ya que reflejan una ausencia de unión funcional entre el PMMA y el material cementante. En el grupo de resina compuesta

precalentada con arenado se registraron dos fallas, mientras que en el grupo de resina compuesta precalentada con ácido fosfórico la totalidad de los especímenes presentó desprendimiento inmediato. En consecuencia, de los 64 especímenes inicialmente planificados, solo 46 generaron valores continuos de resistencia adhesiva en MPa.

Es importante destacar que estos datos no fueron eliminados por errores metodológicos, sino que constituyen un resultado inherente al comportamiento adhesivo de las combinaciones evaluadas. Por este motivo, el análisis estadístico se estructuró diferenciando entre valores continuos de resistencia adhesiva y eventos categóricos de falla adhesiva.

Esta organización inicial de los datos permitió establecer con claridad qué información estaba disponible para análisis cuantitativos y qué información debía analizarse desde un enfoque categórico. A partir de esta depuración, el siguiente paso consistió en describir estadísticamente los valores de resistencia adhesiva obtenidos en cada grupo experimental.

Estadística descriptiva de la resistencia adhesiva

La estadística descriptiva constituye el primer nivel formal de análisis y tiene como objetivo resumir y caracterizar los datos obtenidos sin establecer comparaciones entre grupos. Este análisis permite conocer la magnitud promedio de la resistencia adhesiva, su variabilidad y su rango de valores, proporcionando una visión general del comportamiento de cada grupo experimental.

La tabla 1 presenta las principales medidas descriptivas de la resistencia adhesiva expresada en MPa para cada grupo experimental. Se incluyen el número de especímenes válidos, la media, la desviación estándar, la mediana, los valores mínimo y máximo, así como el intervalo de confianza al 95% de la media.

Tabla 1

Estadística descriptiva de la resistencia adhesiva (MPa) por grupo

Grupo	Condición experimental	n válido	Media	DE	Mediana	Mínimo	Máximo	IC 95%
G1	Cemento resinoso + arenado	16	23,66	9,39	23,97	4,87	36,32	18,66 – 28,66
G2	Cemento resinoso + ácido fosfórico	16	7,21	4,29	7	1,93	20,03	4,93 – 9,50
G3	Resina precalentada + arenado	14	2,87	1,38	2,38	1,48	6,65	2,07 – 3,67
G4	Resina precalentada + ácido fosfórico	0	No medible	—	—	—	—	—

Fuente: Elaboración Propia

Los valores descriptivos evidencian diferencias claras en la magnitud de la resistencia adhesiva entre los grupos. El grupo G1 presentó los valores promedio más elevados y el mayor rango de variación, mientras que los grupos G2 y G3 mostraron valores progresivamente menores. En el grupo G4 no fue posible calcular estadísticas descriptivas debido a la ausencia total de valores medibles.

La variabilidad observada dentro de cada grupo, reflejada en la desviación estándar y el rango de valores, sugiere que el comportamiento adhesivo no es uniforme y que factores asociados a la combinación experimental influyen de manera significativa en la resistencia obtenida.

La estadística descriptiva permitió identificar tendencias generales y diferencias aparentes entre los grupos, pero no permite determinar si estas diferencias son estadísticamente significativas. Por esta razón, y considerando la presencia de datos faltantes, fue necesario analizar de manera específica la ocurrencia de fallas pre-ensayo antes de avanzar hacia comparaciones inferenciales.

Análisis de fallas pre – ensayo.

En estudios de resistencia adhesiva, las fallas que ocurren antes de la aplicación efectiva de la carga mecánica constituyen un indicador crítico del desempeño del sistema evaluado. Estas fallas reflejan la incapacidad de la unión para resistir incluso cargas mínimas y, por tanto, deben ser analizadas de forma independiente a los valores de resistencia adhesiva cuantificable. La tabla 2 resume la frecuencia y el porcentaje de fallas pre-ensayo registradas en cada grupo experimental, permitiendo visualizar la estabilidad inicial de la unión en las diferentes combinaciones evaluadas.

Tabla 2

Frecuencia de fallas pre - ensayo por grupo

Grupo	Condición experimental	Fallas (n)	Medibles (n)	Total	% fallas
G1	Cemento resinoso + arenado	0	16	16	0
G2	Cemento resinoso + ácido fosfórico	0	16	16	0
G3	Resina precalentada + arenado	2	14	16	12,5
G4	Resina precalentada + ácido fosfórico	16	0	16	100

Fuente: Elaboración Propia

El registro de fallas muestra un contraste marcado entre los grupos. Mientras que los grupos cementados con cemento resinoso no presentaron fallas pre-ensayo, los grupos con resina compuesta precalentada mostraron una mayor inestabilidad inicial, especialmente el grupo G4, en el que la totalidad de los especímenes falló antes de generar valores medibles.

Este resultado explica de forma objetiva la ausencia de 18 valores continuos de resistencia adhesiva respecto al total inicialmente planificado y justifica la necesidad de incorporar un análisis categórico adicional en el estudio. La identificación de fallas pre – ensayo permitió comprender que no todas las combinaciones experimentales alcanzaron una unión funcional mínima. A partir de este punto, y considerando únicamente los grupos con datos continuos disponibles, fue necesario evaluar la distribución estadística de los valores

obtenidos para seleccionar las pruebas inferenciales adecuadas.

Evaluación del supuesto de normalidad.

Las pruebas estadísticas inferenciales se basan en ciertos supuestos sobre la distribución de los datos. En particular, las pruebas paramétricas requieren que los valores analizados sigan una distribución normal. Por este motivo, antes de realizar comparaciones entre grupos, se evaluó el supuesto de normalidad de los datos disponibles. La tabla 3 presenta los resultados de la prueba de Shapiro–Wilk aplicada a los grupos con datos continuos de resistencia adhesiva.

Tabla 3

Prueba de normalidad (Shapiro–Wilk)

Grupo	**n**	**W**	**p-valor**
G1 Cemento resinoso + arenado	16	0,942	0,376
G2 Cemento resinoso + ácido fosfórico	16	0,853	0,015
G3 Resina precalentada + arenado	14	0,842	0,017

Fuente: Elaboración Propia

Los valores de p indican que, aunque el grupo G1 no presenta desviaciones significativas respecto a la normalidad, los grupos G2 y G3 sí muestran distribuciones significativamente no normales. Dado que el análisis comparativo requiere que este supuesto se cumpla de manera conjunta, se descartó el uso de pruebas paramétricas.

La ausencia de normalidad en todos los grupos evaluables justificó el uso de pruebas no paramétricas, las cuales no dependen de la forma de la distribución de los datos. Con esta base metodológica, se procedió a realizar la comparación inferencial entre los grupos.

Comparación inferencial entre grupos,

El análisis inferencial tiene como objetivo determinar si las diferencias observadas entre los grupos son atribuibles al efecto de las variables en estudio o si podrían explicarse por el azar. Dado el incumplimiento del supuesto de normalidad y la presencia de más de dos

grupos independientes, se seleccionó la prueba de Kruskal–Wallis como método de comparación global. La tabla 4 presenta el resultado de la prueba de Kruskal–Wallis aplicada a los grupos con datos continuos.

Tabla 4

Prueba de Kruskal–Wallis para la resistencia adhesiva (MPa)

Grupo	Condición experimental	n	Rango promedio	Suma de rangos
G1	Cemento resinoso + arenado	16	34,1	545
G2	Cemento resinoso + ácido fosfórico	16	18,2	291,5
G3	Resina compuesta precalentada + arenado	14	7,32	102,5

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5

Estadísticos de la prueba Kruskal - Wallis

Estadístico	Valor
Estadístico H (Kruskal–Wallis)	32,83
Grados de libertad (gl)	2
p-valor (asintótico)	< 0,001
Nivel de significancia	0,05

Fuente: Elaboración Propia

Una vez verificado que los datos no cumplían de manera conjunta el supuesto de normalidad, se procedió a realizar una comparación inferencial entre los grupos experimentales mediante la prueba de Kruskal–Wallis. Esta prueba no paramétrica permite evaluar si existen diferencias estadísticamente significativas entre más de dos grupos independientes, basándose en la comparación de los rangos de los valores en lugar de las medias. La Tabla 4.X presenta el detalle de los rangos promedio y la suma de rangos utilizados para el cálculo del estadístico de contraste.

Para la aplicación de la prueba, todos los valores de resistencia adhesiva fueron ordenados de menor a mayor y reemplazados por rangos. Posteriormente, se calculó el rango promedio correspondiente a cada grupo experimental. El grupo de cemento resinoso con arenado presentó el rango promedio más alto (34,06), lo que indica que concentró los valores de resistencia adhesiva más elevados. En contraste, el grupo de resina compuesta precalentada con arenado mostró el rango promedio más bajo (7,32), reflejando un desempeño adhesivo inferior.

El estadístico de Kruskal–Wallis (H) obtenido fue de 32,83, con 2 grados de libertad, y un valor de p inferior a 0,001. Este resultado indica que las diferencias observadas entre los rangos promedio de los grupos son estadísticamente significativas y no atribuibles al azar, confirmando la existencia de al menos un grupo con un comportamiento distinto en términos de resistencia adhesiva.

Una vez identificada la existencia de diferencias globales estadísticamente significativas entre los grupos mediante la prueba de Kruskal–Wallis, fue necesario realizar comparaciones pareadas para determinar específicamente entre qué grupos se presentaban dichas diferencias. Para este propósito se utilizó la prueba de Mann–Whitney U, una prueba no paramétrica adecuada para comparar dos grupos independientes cuando no se cumple el supuesto de normalidad.

Tabla 6

Comparaciones pareadas (Mann–Whitney U, p ajustado)

Comparación	**n_1**	**n_2**	**U**	**Z**	**p-valor ajustado***
G1 vs G2	16	16	20	−4,12	< 0,001
G1 vs G3	16	14	0	−4,98	< 0,001
G2 vs G3	16	14	24	−3,28	0,001

Fuente: Elaboración Propia

La prueba de Mann–Whitney U compara la distribución de los rangos entre dos

grupos, evaluando si uno de ellos tiende a presentar valores mayores que el otro. En la comparación entre el grupo de cemento resinoso con arenado y el grupo de cemento resinoso con ácido fosfórico, se obtuvo un valor de U de 20,0 y un p-valor ajustado inferior a 0,001, lo que indica una diferencia estadísticamente significativa entre ambas combinaciones.

De manera similar, la comparación entre el grupo de cemento resinoso con arenado y el grupo de resina compuesta precalentada con arenado mostró un valor de U de 0,0, evidenciando una separación completa entre los rangos de ambos grupos y confirmando una diferencia altamente significativa. Finalmente, la comparación entre el cemento resinoso con ácido fosfórico y la resina compuesta precalentada con arenado también mostró diferencias estadísticamente significativas, con un p-valor ajustado de 0,001.

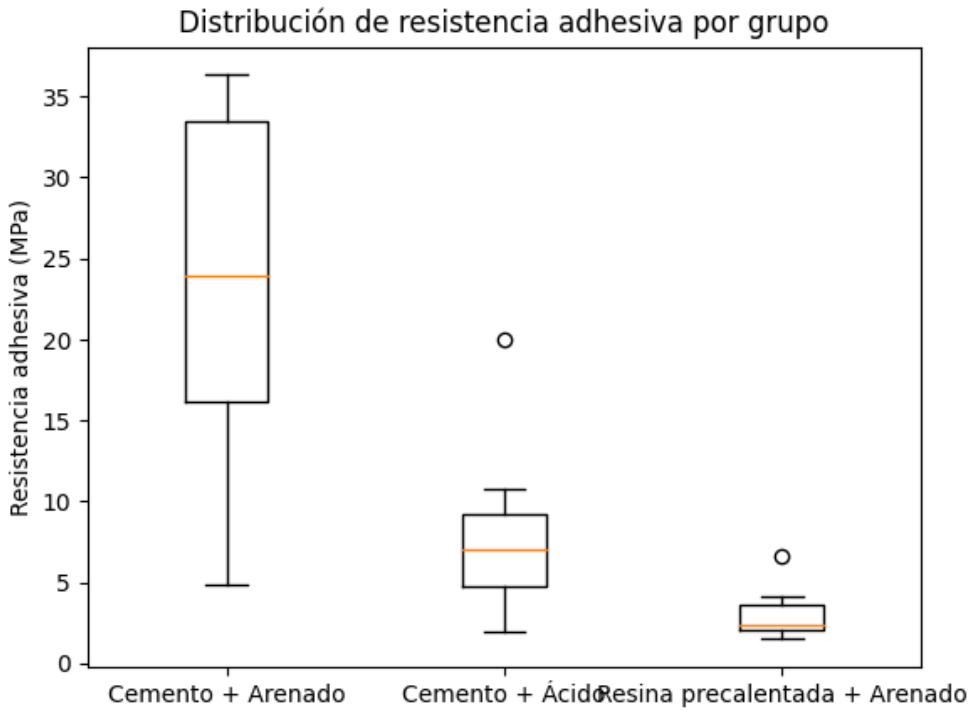
Las comparaciones pareadas mediante la prueba de Mann–Whitney U confirman que todas las combinaciones experimentales con datos medibles difieren significativamente entre sí en términos de resistencia adhesiva. Estos resultados permiten establecer un ordenamiento claro del desempeño adhesivo entre los grupos evaluados, lo cual se sintetiza y presenta de manera integrada en el siguiente apartado del capítulo.

Representación gráfica de la resistencia adhesiva.

Luego del análisis descriptivo e inferencial de los datos numéricos, se incorporaron representaciones gráficas con el objetivo de facilitar la visualización de la distribución de la resistencia adhesiva y la estabilidad de la unión en los distintos grupos experimentales. Los gráficos permiten identificar de forma inmediata diferencias en la mediana, la variabilidad y la presencia de valores extremos, complementando la información presentada en las tablas estadísticas.

Figura 13

Distribución de la resistencia adhesiva por grupo experimental (Boxplot)



Fuente: Elaboración Propia

Este gráfico de cajas representa la distribución de los valores de resistencia adhesiva (MPa) para los grupos con datos medibles:

- Cemento resinoso + arenado
- Cemento resinoso + ácido fosfórico
- Resina compuesta precalentada + arenado

Cada caja muestra la mediana, el rango intercuartílico y los valores extremos,

permitiendo comparar simultáneamente la magnitud y la dispersión de los resultados entre los grupos.

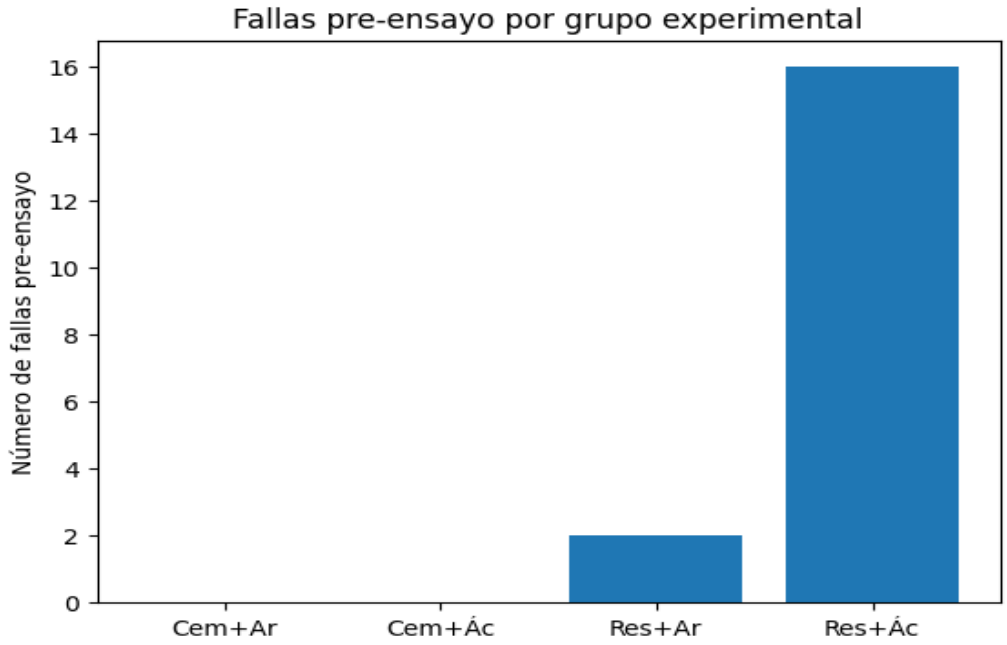
El gráfico evidencia una clara separación entre los grupos. El grupo de cemento resinoso con arenado presenta la mediana más alta y la mayor dispersión de valores, lo que indica una resistencia adhesiva elevada pero variable. El grupo de cemento resinoso con ácido fosfórico muestra una mediana notablemente menor y una distribución más concentrada. Por su parte, el grupo de resina compuesta precalentada con arenado presenta valores bajos, con escasa dispersión, lo que refleja un desempeño adhesivo limitado.

La ausencia del grupo de resina precalentada con ácido fosfórico en este gráfico se debe a la imposibilidad de obtener valores medibles, lo cual refuerza visualmente los resultados observados en el análisis de fallas pre – ensayo.

La representación gráfica confirma de manera visual los resultados obtenidos mediante las pruebas estadísticas y facilita la comprensión de las diferencias entre los grupos. No obstante, la resistencia adhesiva cuantificable no es el único indicador del desempeño clínico potencial, por lo que resulta necesario analizar también la estabilidad inicial de la unión mediante el registro de fallas pre-ensayo.

Figura 14

Frecuencia de fallas pre-ensayo por grupo experimental (Gráfico de barras)



Fuente: Elaboración Propia

Con el fin de complementar el análisis de la resistencia adhesiva cuantificable, se elaboró un gráfico de barras que representa el número de fallas pre-ensayo registradas en cada grupo experimental. Este tipo de gráfico permite visualizar de forma clara la estabilidad inicial de la unión adhesiva en las distintas combinaciones evaluadas.

El gráfico muestra una ausencia total de fallas pre-ensayo en los grupos cementados con cemento resinoso, independientemente del tratamiento superficial. En contraste, el grupo de resina compuesta precalentada con arenado presenta un número reducido de fallas, mientras que el grupo de resina compuesta precalentada con ácido fosfórico exhibe fallas en la totalidad de los especímenes.

Esta distribución gráfica refuerza la evidencia de que ciertas combinaciones experimentales no lograron generar una unión adhesiva funcional bajo las condiciones del

ensayo.

Discusión

El agente cementante desempeña un papel fundamental en la adhesión de restauraciones indirectas, especialmente cuando se trata de sustratos poliméricos como el PMMA. La comparación entre cemento resinoso y resina compuesta precalentada permite evaluar si materiales con indicaciones clínicas distintas ofrecen un desempeño adhesivo comparable bajo condiciones controladas.(Teyagirwa et al., 2023) (Aravind et al., 2023)

Los resultados obtenidos evidencian que los especímenes cementados con cemento resinoso presentaron valores de resistencia adhesiva significativamente superiores a los obtenidos con resina compuesta precalentada. (Calheiros-Lobo et al., 2023)

Este hallazgo concuerda con lo reportado por Pashley et al., 2011 , quienes describen que los cementos resinosos están formulados para optimizar la humectabilidad, la penetración micromecánica y la formación de una interfaz híbrida más estable en comparación con resinas restauradoras convencionales. Asimismo, Topdağı, 2025 señala que los cementos resinosos presentan una mayor capacidad de adaptación a superficies tratadas mecánicamente, lo que favorece una adhesión más predecible.

Desde una perspectiva científica, estos resultados refuerzan la noción de que los cementos resinosos ofrecen ventajas estructurales y funcionales frente a las resinas compuestas utilizadas como agentes de cementación. Esta diferencia justifica el análisis específico del tratamiento superficial del PMMA como un factor modulador de la adhesión.(Topdağı, 2025)

El tratamiento superficial del PMMA tiene como objetivo modificar sus propiedades topográficas y energéticas, facilitando la interacción con el agente cementante. En la literatura se han descrito múltiples estrategias de acondicionamiento, siendo el arenado y el grabado con ácido fosfórico dos de las técnicas más comúnmente evaluadas. (Dantagnan

et al., 2025)

En el presente estudio, el arenado del PMMA se asoció con los valores más altos de resistencia adhesiva cuando se utilizó cemento resinoso. Este comportamiento puede explicarse por el aumento de la rugosidad superficial y la generación de retenciones micromecánicas, tal como describe Nishigawa et al., 2016 En contraste, el acondicionamiento con ácido fosfórico no produjo un incremento comparable de la resistencia adhesiva, lo que coincide con estudios que indican que el PMMA presenta una respuesta limitada al grabado ácido debido a su naturaleza química y baja reactividad superficial (Dantagnan et al., 2025) (Atalay et al., 2021)

Estos hallazgos confirman que no todos los tratamientos superficiales son igualmente eficaces en materiales poliméricos como el PMMA. Desde un punto de vista científico, el arenado emerge como una técnica más consistente para promover la adhesión, lo que conduce a analizar el comportamiento de materiales alternativos, como la resina compuesta precalentada, bajo estas mismas condiciones. (Dawood Jadaan et al., 2025)

El uso de resina compuesta precalentada ha sido propuesto como una alternativa al cemento resinoso, bajo el supuesto de que el aumento de la temperatura mejora la fluidez del material y su adaptación marginal. (Porto et al., 2022). Sin embargo, la evidencia sobre su desempeño adhesivo en PMMA sigue siendo limitada.(Zafar, 2020)

Los resultados del presente estudio mostraron que la resina compuesta precalentada presentó valores de resistencia adhesiva significativamente menores y una elevada frecuencia de fallas pre-ensayo, especialmente cuando se combinó con ácido fosfórico. Aunque estudios previos han demostrado que el precalentamiento puede incrementar la conversión monomérica y reducir la viscosidad del material (Daronch et al., 2005) (Barbon et al., 2022), estos beneficios no se tradujeron en una adhesión efectiva al PMMA bajo las condiciones evaluadas.

Entre las principales limitaciones del presente estudio se encuentra su naturaleza in vitro, que no reproduce completamente las condiciones clínicas reales. Asimismo, no se incluyeron protocolos de envejecimiento artificial, como ciclado térmico o mecánico, los cuales podrían influir en la durabilidad de la unión adhesiva, tal como señalan estudios previos en el ámbito de la adhesión dental (Matinlinna et al., 2018)

A pesar de estas limitaciones, los resultados obtenidos ofrecen evidencia relevante sobre el comportamiento adhesivo de distintas combinaciones de materiales. Estudios futuros deberían incorporar condiciones de envejecimiento y ensayos complementarios para validar y ampliar los hallazgos aquí presentados.

La elección del agente cementante es una de las decisiones clínicas más relevantes en restauraciones indirectas, ya que influye directamente en la estabilidad, retención y longevidad de la restauración. En materiales poliméricos como el PMMA, esta elección adquiere especial importancia debido a la limitada interacción química del sustrato con muchos sistemas adhesivos convencionales. (Muddugangadhar et al., 2020)

Los resultados del presente estudio demostraron que los especímenes cementados con cemento resinoso presentaron valores de resistencia adhesiva significativamente superiores y ausencia de fallas pre-ensayo, en comparación con la resina compuesta precalentada. Clínicamente, esto indica que el cemento resinoso ofrece una adhesión más estable y predecible al PMMA, lo cual coincide con lo reportado por Pashley et al., 2011 quienes destacan que estos cementos están diseñados para optimizar la humectabilidad y la penetración micromecánica en diversos sustratos.(Aravind et al., 2023)

Desde una perspectiva clínica, estos hallazgos respaldan el uso preferente del cemento resinoso en restauraciones indirectas de PMMA, especialmente en casos donde la restauración estará sometida a cargas funcionales repetitivas o se requiere una retención confiable a corto y mediano plazo como en el uso de coronas provisionales durante el

tratamiento ortodontico. (Dawood Jadaan et al., 2025) Esta elección reduce el riesgo de descementación temprana y contribuye a un pronóstico clínico más favorable, lo que conduce a considerar el tratamiento superficial del PMMA como un factor complementario clave. (Aravind et al., 2023)

El tratamiento superficial del PMMA tiene como objetivo mejorar la interacción entre el sustrato y el agente cementante, aumentando la retención micromecánica y, potencialmente, la durabilidad de la unión adhesiva. (Erbulak & Ergun, 2023) En la práctica clínica, los métodos más utilizados incluyen el arenado y el acondicionamiento con ácido fosfórico, en este caso los resultados del estudio mostraron que el arenado del PMMA se asoció con los valores más altos de resistencia adhesiva cuando se empleó cemento resinoso, mientras que el grabado con ácido fosfórico no produjo un incremento comparable. Clínicamente, esto puede explicarse por el aumento de la rugosidad superficial inducido por el arenado, que genera retenciones micromecánicas efectivas por lo tanto estos resultados sugieren que el arenado debe considerarse el tratamiento superficial de elección para restauraciones de PMMA cuando se utilicen cementos resinosos. (Erbulak & Ergun, 2023) (Gad et al., 2022) El uso exclusivo de ácido fosfórico podría resultar insuficiente en situaciones clínicas donde se requiera adhesión, aumentando el riesgo de pérdida temprana de la restauración. Este hallazgo adquiere especial relevancia al evaluar materiales alternativos como la resina compuesta precalentada.

En el presente estudio, la resina compuesta precalentada mostró un desempeño adhesivo inferior y una elevada frecuencia de fallas pre-ensayo, particularmente cuando se combinó con ácido fosfórico. Aunque estudios previos han reportado beneficios del precalentamiento en términos de conversión monomérica y manejo clínico (Daronch et al., 2005), estos beneficios no se tradujeron en una adhesión efectiva y estable al PMMA bajo las condiciones evaluadas.

Clínicamente, la elevada tasa de fallas observada en este estudio sugiere que la resina compuesta precalentada no ofrece una adhesión confiable al PMMA cuando se utiliza como agente de cementación, especialmente sin un tratamiento superficial adecuado.

Desde el punto de vista clínico, los resultados del presente estudio permiten recomendar de forma fundamentada el uso de cemento resinoso con arenado del PMMA como el protocolo más seguro y predecible para restauraciones indirectas. (Gad et al., 2020)Esta recomendación contribuye a optimizar la toma de decisiones clínicas, reducir el riesgo de complicaciones adhesivas y mejorar el pronóstico a corto y mediano plazo de las restauraciones en PMMA. (Erbulak & Ergun, 2023)

Conclusiones

Se concluye que el cemento resinoso presentó una resistencia adhesiva significativamente mayor en comparación con la resina compuesta precalentada. Esta diferencia se evidenció tanto en los valores de resistencia adhesiva medidos como en la estabilidad inicial de la unión, lo que confirma la superioridad del cemento resinoso como agente de cementación para restauraciones indirectas bajo las condiciones experimentales evaluadas. La formulación específica de los cementos resinosos, orientada a optimizar la interacción con el sustrato y la adaptación micromecánica, se traduce en un comportamiento adhesivo más predecible y consistente.

En relación con el tratamiento superficial del PMMA, el arenado demostró ser un factor determinante para el incremento de la resistencia adhesiva cuando se utilizó en combinación con cemento resinoso. En este sentido, el arenado se posiciona como la estrategia más eficaz para acondicionar el PMMA cuando se busca maximizar la adhesión en procedimientos indirectos.

Por el contrario, el acondicionamiento con ácido fosfórico mostró una eficacia limitada para mejorar la adhesión al PMMA. Esta limitación fue especialmente evidente

cuando se combinó con resina compuesta precalentada, donde se registró una elevada tasa de fallas pre-ensayo. Estos resultados indican que el grabado ácido, aunque ampliamente utilizado en otros sustratos, no constituye un método confiable para ser usado sobre la superficie del PMMA con fines adhesivos, lo que compromete la estabilidad inicial de la unión.

La resina compuesta precalentada no demostró un desempeño adhesivo clínicamente confiable al PMMA bajo las condiciones del estudio. A pesar de que el precalentamiento puede mejorar la fluidez del material, los resultados evidencian que esta estrategia no es suficiente para garantizar una adhesión estable y resistente, especialmente cuando se asocia a tratamientos superficiales inadecuados. La alta frecuencia de fallas pre-ensayo observada refuerza la idea de que esta combinación presenta un elevado riesgo de fracaso adhesivo temprano.

Otro hallazgo relevante del estudio fue la confirmación de que la estabilidad inicial de la unión adhesiva constituye un criterio fundamental en la evaluación del desempeño clínico potencial de los sistemas adhesivos. No solo la magnitud de la resistencia adhesiva medida es importante, sino también la capacidad de la unión para mantenerse íntegra desde las primeras etapas, ya que las fallas tempranas comprometen directamente la longevidad de la restauración.

Finalmente, de manera integrada, se concluye que el protocolo conformado por cemento resinoso combinado con arenado del PMMA se establece como la opción más segura, eficaz y predecible para restauraciones indirectas en este material, bajo las condiciones experimentales del presente estudio.

Recomendaciones

Se recomienda realizar más ensayos utilizando otros agentes cementantes para poder comparar la fuerza de unión que puede presentar el PMMA ya que es un material

ampliamente utilizado.

Se indica utilizar otros tratamientos de superficie para saber el comportamiento y la interacción sombre el PMMA.

Referencias

Aravind, P., Mohan Kallat, A., Kumar Sivabalan, P., Mathew Velurethu, S., Vijayan, N., & Augustine, C. (2023). An In Vitro Comparison of Shear Bond Strength for Heated Composite Resin With Three Conventional Luting Cements. *Cureus*, *15*(10), e47110. https://doi.org/10.7759/cureus.47110

Atalay, S., Çakmak, G., Fonseca, M., Schimmel, M., & Yilmaz, B. (2021). Effect of thermocycling on the surface properties of CAD-CAM denture base materials after different surface treatments. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, *121*, 104646. https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2021.104646

Barbon, F. J., Isolan, C. P., Soares, L. D., Bona, A. D., de Oliveira da Rosa, W. L., & Boscato, N. (2022). A systematic review and meta-analysis on using preheated resin composites as luting agents for indirect restorations. *Clinical Oral Investigations*, *26*(4), 3383-3393. https://doi.org/10.1007/s00784-022-04406-z

Calheiros-Lobo, M. J., Calheiros-Lobo, J. M., Carbas, R., Silva, L. F. M. da, & Pinho, T. (2023). A Polymer-Infiltrated Ceramic as Base Adherent in an Experimental Specimen Model to Test the Shear Bond Strength of CAD-CAM Monolithic Ceramics Used in Resin-Bonded Dental Bridges. *Coatings*, *13*(7). https://doi.org/10.3390/coatings13071218

Dantagnan, C.-A., Boudrot, M., Bosco, J., Dot, G., Nassif, A., François, P., & Attal, J.-P. (2025). Effectiveness of universal adhesives for orthodontic bonding to enamel and restorative materials: A systematic review. *International Orthodontics*, *24*(2), 101089. https://doi.org/10.1016/j.ortho.2025.101089

Daronch, M., Rueggeberg, F. A., & De Goes, M. F. (2005). Monomer conversion of pre-heated composite. *Journal of Dental Research*, *84*(7), 663-667. https://doi.org/10.1177/154405910508400716

Dawood Jadaan, Roffie, J., Roslan, H., & P, N. (2025). Comparison of Adhesion of Soft-Liner between Conventional PMMA and 3D Printed Resin Denture Bases. *Dentistry 3000*, *13*(1). https://doi.org/10.5195/d3000.2025.785

Díez-Pascual, A. M. (2022). PMMA-Based Nanocomposites for Odontology Applications: A State-of-the-Art. *International Journal of Molecular Sciences*, *23*(18), 10288. https://doi.org/10.3390/ijms231810288

Elkaffass, A.-A., Eltoukhy, R.-I., Elnegoly, S.-A.-E., & Mahmoud, S.-H. (2020). Influence of preheating on mechanical and surface properties of nanofilled resin composites. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, *12*(5), e494-e500. https://doi.org/10.4317/jced.56469

Erbulak, Z., & Ergun, G. (2023). The effects of different surface treatments applied to milled PMMA denture base material on repair bond strength. *Odontology*, *111*(4), 953-970. https://doi.org/10.1007/s10266-023-00806-z

Gad, M. M., Abualsaud, R., & Khan, S. Q. (2022). Hydrophobicity of Denture Base Resins: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of International Society of Preventive and Community Dentistry*, *12*(2), 139-159. https://doi.org/10.4103/jispcd.jispcd_213_21

Gad, M. M., Rahoma, A., Abualsaud, R., Al-Thobity, A. M., Akhtar, S., Helal, M. A., & Al-Harbi, F. A. (2020). Impact of different surface treatments and repair material reinforcement on the flexural strength of repaired PMMA denture base material. *Dental Materials Journal*, *39*(3), 471-482. https://doi.org/10.4012/dmj.2018-436

Galant, K., Turosz, N., Chęcińska, K., Chęciński, M., Cholewa-Kowalska, K., Karwan, S., Chlubek, D., & Sikora, M. (2024). Silver Nanoparticles (AgNPs) Incorporation into Polymethyl Methacrylate (PMMA) for Dental Appliance Fabrication: A Systematic Review and Meta-Analysis of Mechanical Properties. *International Journal of Molecular Sciences*, *25*(23), 12645. https://doi.org/10.3390/ijms252312645

Grangeiro, M. T. V., Rodrigues, C. da S., Rossi, N. R., Souza, K. B., Melo, R. M. de, & Bottino, M. A. (2023). Preheated Composite as an Alternative for Bonding Feldspathic and Hybrid Ceramics: A Microshear Bond Strength Study. *The Journal of Adhesive Dentistry*, *25*, 159-166. https://doi.org/10.3290/j.jad.b4279775

Juntavee, N., Juntavee, A., & Srisontisuk, S. (2023). Flexural Strength of Various Provisional Restorative Materials for Rehabilitation After Aging. *Journal of Prosthodontics: Official Journal of the American College of Prosthodontists*, *32*(S1), 20-28.

https://doi.org/10.1111/jopr.13549

Lousan do Nascimento Poubel, D., Ghanem Zanon, A. E., Franco Almeida, J. C., Vicente Melo de Lucas Rezende, L., & Pimentel Garcia, F. C. (2022). Composite Resin Preheating Techniques for Cementation of Indirect Restorations. *International Journal of Biomaterials*, *2022*, 5935668. https://doi.org/10.1155/2022/5935668

Marcondes, R. L., Lima, V. P., Isolan, C. P., Lima, G. S., & Moraes, R. R. (2021). Ceramic Laminate Veneers Luted with Preheated Resin Composite: A 10-Year Clinical Report. *Contemporary Clinical Dentistry*, *12*(3), 313-316. https://doi.org/10.4103/ccd.ccd_788_20

Matinlinna, J. P., Lung, C. Y. K., & Tsoi, J. K. H. (2018). Silane adhesion mechanism in dental applications and surface treatments: A review. *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials*, *34*(1), 13-28. https://doi.org/10.1016/j.dental.2017.09.002

Muddugangadhar, B. C., Mawani, D. P., Das, A., & Mukhopadhyay, A. (2020). Bond strength of soft liners to denture base resins and the influence of different surface treatments and thermocycling: A systematic review. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, *123*(6), 800-806.e6. https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.06.013

Nishigawa, G., Maruo, Y., Irie, M., Maeda, N., Yoshihara, K., Nagaoka, N., Matsumoto, T., & Minagi, S. (2016). Various Effects of Sandblasting of Dental Restorative Materials. *PLoS ONE*, *11*(1), e0147077. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0147077

Pashley, D. H., Tay, F. R., Breschi, L., Tjäderhane, L., Carvalho, R. M., Carrilho, M., & Tezvergil-Mutluay, A. (2011). State of the art etch-and-rinse adhesives. *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials*, *27*(1), 1-16. https://doi.org/10.1016/j.dental.2010.10.016

Porto, B. L., Barbon, F. J., Isolan, C. P., Borges, A. L., Spazzin, A. O., Moraes, R. R., & Boscato, N. (2022). Effect of ultrasound on preheated resin composites used as ceramic luting agents. *Dental Materials Journal*, *41*(3), 451-458. https://doi.org/10.4012/dmj.2021-246

Silva, M. V. M. da, Batista, J. M. N., Fraga, M. A. A., Correr, A. B., Campos, E. A. de, Geraldeli, S., & Sinhoreti, M. A. C. (2023). Surface Analysis of a Universal Resin Composite and Effect of Preheating on its Physicochemical Properties. *Brazilian Dental Journal*, *34*(4), 115-126.

https://doi.org/10.1590/0103-6440202305411

Teyagirwa, P.-F., Aquin, C., Kharouf, N., Roman, T., Senger, B., Reitzer, F., & Etienne, O. (2023). Operator versus material influence on film thickness using adhesive resin cement or pre-heated resin composite. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry: Official Publication of the American Academy of Esthetic Dentistry ... [et Al.]*, *35*(3), 517-524. https://doi.org/10.1111/jerd.12988

Topdağı, B. (2025). Optimization of Bond Strength Between Heat-Polymerized PMMA and Contemporary CAD/CAM Framework Materials: A Comparative In Vitro Study. *Polymers*, *17*(11). https://doi.org/10.3390/polym17111488

Zafar, M. S. (2020). Prosthodontic Applications of Polymethyl Methacrylate (PMMA): An Update. *Polymers*, *12*(10), 2299. https://doi.org/10.3390/polym12102299