



Facultad Ciencias de la Salud

Especialidad en Ortodoncia

Tema:

Adhesión de brackets metálicos sobre restauraciones de resina híbrida

Trabajo de titulación para la obtención del Título de Especialista en Ortodoncia

Presentado por:

Od. Nelly Janeth Avilés Rendón

Tutor:

Dra. Daysi Galarza

Quito, septiembre del 2025

Resumen

La unión de brackets sobre restauraciones dentales usualmente presenta desafíos para el ortodoncista, por lo que constantemente se buscan protocolos que mejoren el sistema adhesivo. La investigación fue cuantitativa, experimental, in vitro, transversal, prospectiva y comparativa. El objetivo de este estudio fue comparar la resistencia adhesiva de brackets metálicos de incisivos sobre 60 superficies de resina híbrida, para ello se dividió la muestra en dos grupos (G1 y G2), previamente se arenaron las láminas con óxido de aluminio; en G1, las láminas se grabaron con ácido fosfórico al 37% (3M) y en G2 con ácido fluorhídrico al 9% (Ultradent), luego para los 2 grupos se utilizó adhesivo Bond Transbond XT (3M) junto con resina Transbond™ XT (3M) y se fotopolimerizó con la lámpara Valo Grand, cuya intensidad de luz fue verificada previamente con un radiómetro digital. Posteriormente, se realizó la prueba de resistencia al cizallamiento. Como resultados se evidenció mayor adhesión de brackets a resinas grabadas con ácido fluorhídrico al 9%, con un promedio de $8,35 \pm 2,91$ MPa, frente al grabado con ácido fosfórico al 37%, que presentó un promedio de $6,14 \pm 2,80$ MPa. Como conclusión la técnica de adhesión con ácido fluorhídrico mostró mejor desempeño. Sin embargo, los valores obtenidos con el ácido fosfórico se encontraron dentro del rango clínicamente aceptable de adhesión considerado desde 6 MPa, lo que indica que ambos métodos pueden ser viables, dependiendo del contexto clínico.

Palabras clave: Adhesión, Técnica de Grabado, Brackets, Polimerización. Cizallamiento.

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.

Nelly Janeth Avilés Rendón

C.I. 0921382958

Dedicatoria

Dedico primeramente este trabajo a Dios, por darme la fortaleza, la sabiduría y la salud necesarias para culminar esta etapa tan importante de mi vida.

A lo largo de este proceso, he contado con el apoyo y la guía de personas fundamentales, a quienes deseo expresar mi más sincero agradecimiento.

Agradezco a los docentes de la Universidad de los Hemisferios, por compartir sus conocimientos a lo largo de mi formación académica y por inspirarme a continuar creciendo profesionalmente.

A mis queridos padres, a mi esposo e hijos, por su amor incondicional, paciencia y constante apoyo emocional. Sin su respaldo, este logro no habría sido posible.

A mis compañeros y amigos, quienes con sus palabras de aliento y compañía hicieron de este camino una experiencia más llevadera y enriquecedora.

Finalmente, a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron a la realización de este proyecto.

Tabla de contenido

Declaración De Aceptación De Norma Ética y Derechos	3
Dedicatoria.....	4
Tabla de contenido.....	5
Índice tablas	6
Índice de figuras.....	7
Resumen.....	8
Abstract.....	10
Introducción	11
Marco referencial.....	14
Metodología	21
Discusión.....	32
Conclusiones.....	35
Referencias.....	36

Índice tablas

Tabla 1 Resultados para la investigación.....	27
Tabla 2. Prueba de normalidad	28
Tabla 3 Datos descriptivos del trabajo experimental.....	29
Tabla 4. Prueba estadística de Mann Whitney.....	31

Índice de figuras

Figura 1. Muestra distintas condiciones del esmalte: sin grabar, grabado con ácido fosfórico al 37% y autograbado con distintos productos.	17
Figura 2. Láminas de resina.....	22
Figura 3. Grabado con ácido fosfórico al 37% por 15 segundos.....	24
Figura 4. Grabado con ácido fluorhídrico 9% por 1min.....	25
Figura 5. Verificación de la intensidad de luz.	25
Figura 6. Fotocurado del bracket, usando lámpara VALO™ Grand.....	26
Figura 7. Gráfico Q-Q de grabado con ácido fosfórico 37%.....	28
Figura 8. Gráfico Q-Q de grabado con ácido fluorhídrico 9%.....	29
Figura 9. Promedio del ácido fosfórico 37% y ácido fluorhídrico 9%.....	30
Figura 10. Prueba estadística no paramétrica Mann Whitney	31

Adhesión de brackets metálicos sobre restauraciones de resina híbrida

Nelly Janeth Avilés Rendón

Universidad de los Hemisferios

nelly_20594@hotmail.com

Resumen

La unión de brackets sobre restauraciones dentales usualmente presenta desafíos para el ortodoncista, por lo que constantemente se buscan protocolos que mejoren el sistema adhesivo. La investigación fue cuantitativa, experimental, in vitro, transversal, prospectiva y comparativa. El objetivo de este estudio fue comparar la resistencia adhesiva de brackets metálicos de incisivos sobre 60 superficies de resina híbrida, para ello se dividió la muestra en dos grupos (G1 y G2), previamente se arenaron las láminas con óxido de aluminio; en G1, las láminas se grabaron con ácido fosfórico al 37% (3M) y en G2 con ácido fluorhídrico al 9% (Ultradent), luego para los 2 grupos se utilizó adhesivo Bond Transbond XT (3M) junto con resina Transbond™ XT (3M) y se fotopolimerizó con la lámpara Valo Grand, cuya intensidad de luz fue verificada previamente con un radiómetro digital. Posteriormente, se realizó la prueba de resistencia al cizallamiento. Como resultados se evidenció mayor adhesión de brackets a resinas grabadas con ácido fluorhídrico al 9%, con un promedio de $8,35 \pm 2,91$ MPa, frente al grabado con ácido fosfórico al 37%, que presentó un promedio de $6,14 \pm 2,80$ MPa. Como conclusión la técnica de adhesión con ácido fluorhídrico mostró mejor desempeño. Sin embargo, los valores obtenidos con el ácido fosfórico se encontraron dentro del rango clínicamente aceptable de

adhesión considerado desde 6 MPa, lo que indica que ambos métodos pueden ser viables, dependiendo del contexto clínico.

Palabras clave: Adhesión, Técnica de Grabado, Brackets, Polimerización. Cizallamiento

Abstract

The bonding of orthodontic brackets to dental restorations presents significant challenges for clinicians, prompting ongoing research into improved adhesive protocols. This quantitative, experimental, in vitro, cross-sectional, prospective, and comparative study aimed to evaluate and compare the shear bond strength of metal brackets on 60 hybrid resin surfaces. The samples were divided into two groups (G1 and G2), with all specimens initially sandblasted using aluminum oxide. In G1, the surfaces were etched with 37% phosphoric acid (3M), while in G2, 9% hydrofluoric acid (Ultradent) was used. In both groups, Bond Transbond XT adhesive (3M) and Transbond™ XT resin (3M) were applied and light-cured using the Valo Grand curing light, whose intensity was previously verified with a digital radiometer. Shear bond strength testing was then performed. Results showed greater bond strength in the group treated with 9% hydrofluoric acid, with a mean value of 8.35 ± 2.91 MPa, compared to 6.14 ± 2.80 MPa in the phosphoric acid group. In conclusion, the bonding technique using hydrofluoric acid demonstrated superior performance. However, since the phosphoric acid group also achieved clinically acceptable values (≥ 6 MPa), both methods can be considered viable depending on the clinical context.

Keywords: Bonding, Etching Technique, Brackets, Polymerization. Shear

Introducción

Debido al incremento de pacientes adultos que buscan tratamiento de ortodoncia, es común encontrar restauraciones de amalgama, resina o porcelana en sus piezas dentales. En consecuencia, surge la necesidad de adherir aditamentos ortodóncicos a dientes previamente restaurados con estos materiales. (Munizaga, et al, 2022, p. 33). La mayoría de los procedimientos requiere de sistemas adhesivos, por ello es fundamental establecer protocolos clínicos claros. (Mandri, et al, 2015, p. 55)

Es fundamental garantizar una adecuada unión para que los brackets metálicos permanezcan firmemente fijados a las superficies, soportando las fuerzas durante los movimientos ortodóncicos y de la masticación, mientras el paciente esté bajo tratamiento (Noriega Muro, et al, 2018, p. 20). Diversos factores pueden influir en la ocurrencia de fractura en la unión entre el bracket y el diente, como la destreza del profesional durante el procedimiento de fijación, las conductas del paciente y las propiedades químicas de la resina utilizada (Jakavičė, et al, 2023, p. 47)

Las características de la unión entre el bracket y el diente dependen de la interacción entre dos interfaces: la resina con el bracket y la resina con el esmalte. Desde un punto de vista clínico, se considera adecuado que la resistencia a las fuerzas de cizallamiento se mantenga entre 6 y 8 MPa, ya que valores superiores a 13 MPa incrementan el riesgo de fractura del esmalte (Kafle, et al, 2020, p. 91). La fijación de brackets a superficies cerámicas presenta un porcentaje de falla mayor que la fijación sobre el esmalte, dependiendo también del tipo de bracket, sistema adhesivo y fuente de luz polimerizadora (Contreras-Bulnes, et al, 2013, p. 80)

Aunque la rugosidad de la superficie de la porcelana incrementa la resistencia adhesiva, también eleva el riesgo de fractura durante la descementación (Zúñiga, et al, 2020, p. 45)

Para lograr una unión efectiva de brackets sobre resinas compuestas, es necesario modificar las propiedades inertes de las superficies y conseguir una fuerza de adhesión clínicamente aceptable de 6 a 10 MPa. Esta fuerza debe ser suficientemente alta para resistir el desprendimiento accidental durante el tratamiento, pero no tan elevada como para dañar la restauración al retirar el bracket (Munizaga, et al, 2022, p. 30)

El objetivo de la presente investigación es comparar la influencia de dos tipos de grabado ácido (con ácido fosfórico al 37% (3M) y ácido fluorhídrico al 9% (Ultradent)), sobre superficies de resina, para la posterior adhesión de brackets metálicos sobre dichas superficies, en un estudio in vitro.

Desde la invención de los adhesivos para brackets, el objetivo principal ha sido garantizar una resistencia adecuada al desprendimiento (Bernal, et al, 2010, p. 147) Cuando la resina compuesta ha sido sometida a procesos como el pulido o la contaminación, su fuerza de unión se ve comprometida. Por ello, se han propuesto diversas técnicas para potenciar su capacidad adhesiva (Maldonado, et al, 2025, p. 150).

La presente investigación permite una mejor comprensión del proceso de adhesión de los brackets a superficies restauradas. Durante el tratamiento ortodóncico, las fuerzas funcionales y masticatorias pueden provocar el desprendimiento del bracket, lo que implica una mayor inversión económica, prolongación del tiempo clínico y molestias para el paciente.

El uso de materiales, técnicas y métodos adecuados tiene como finalidad incrementar la eficacia de la adhesión, optimizando los resultados del tratamiento. Este estudio experimental

permite cuantificar la resistencia obtenida con distintos acondicionamientos de superficie y contribuye a que el especialista pueda elegir alternativas más efectivas y predecibles, garantizando una mayor permanencia del bracket sobre superficies de resina compuesta.

Marco referencial

Entre las investigaciones relacionadas con la adhesión de brackets metálicos sobre restauraciones de resina híbrida, destaca la de (Mao, et al, 2024, p. 371), cuyo objetivo fue evaluar la resistencia de adhesión de diferentes materiales cerámicos híbridos fabricados mediante técnicas sustractivas y aditivas para coronas permanentes. La metodología incluyó 306 muestras de material híbrido CAD/CAM, distribuidas en grupos con tratamientos como control, silano, arenado, arenado + silano, grabado con ácido fluorhídrico al 9% y grabado + silano. El resultado mostró el grupo tratado con arenado y silano alcanzó la mayor resistencia adhesiva.

(Çınar, et al, 2024, p. 40) mencionan, que la fijación de brackets metálicos sobre superficies cerámicas suelen presentar un mayor índice de fallos que cuando se adhieren al esmalte dental, aunque este comportamiento puede diferir dependiendo del tipo de cerámica utilizada y del protocolo empleado para preparar la superficie.

En una revisión bibliográfica, se analizaron tendencias emergentes en técnicas de adhesión dental restauradora, incluyendo fuerza, durabilidad, biocompatibilidad y avances clínicos. Su análisis permitió identificar las áreas prioritarias para innovación en técnicas adhesivas como la incorporación de nanotecnología (Sánchez, et al, 2024, p. 430).

El bracket constituye una unidad básica en ortodoncia, por lo cual su adhesión debe ser lo suficientemente fuerte para soportar las fuerzas de carga y masticación (González, et al, 2020, p. 965). Los brackets se clasifican por material (metálicos, cerámicos, de zafiro), estética (linguales), y mecanismos de retención (convencionales o autoligables) (Ozcan, et al, 2023, p. 452).

El esmalte dental es el tejido más duro del cuerpo humano. Está compuesto principalmente por elementos inorgánicos y cubre la parte externa del diente. Las sustancias orgánicas del esmalte están compuestas por proteínas como amelogeninas y enamelinas, pero no contienen colágeno, carbohidratos ni lípidos. El esmalte actúa como una barrera natural que protege frente a agresiones químicas, biológicas y mecánicas. Su estructura incluye prismas adamantinos, estrías de Retzius, penachos y laminillas adamantinas. (Zúñiga - Llerena, et al, 2020, p. 55).

Desde que se adaptó la técnica de grabado ácido para unir brackets al esmalte, esta ha reemplazado a las bandas (Munizaga, et al, 2022, p. 43). Las principales ventajas de esta técnica son: menor acumulación de placa, mayor comodidad para el paciente y reducción del tiempo clínico.

La adhesión ortodóncica, al esmalte dental no representa un problema clínico para el ortodoncista cuando se manejan protocolos adecuados de adhesión, excepto en ciertos casos como fluorosis, dentinogénesis y amelogénesis imperfectas que pueden afectar la unión bracket-esmalte, el real desafío se encuentra especialmente en casos con restauraciones previas donde se requiere conocer con precisión los materiales implicados (como cerámicas y resinas compuestas) (Burns, et al, 2024).

En el artículo de (Vildósola, et al, 2015, p. 43) se evaluó in vitro la fuerza de adhesión de brackets metálicos al esmalte usando resinas y cementos fotopolimerizables, y menciona que la colocación de brackets requiere adhesivos adecuados, como los ionómeros o cementos resinosos, cuyo éxito depende también de factores mecánicos presentes durante la masticación.

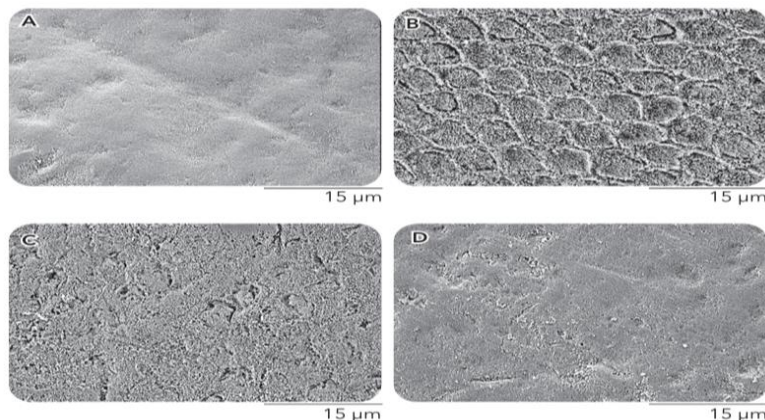
El éxito del tratamiento ortodóncico depende de una buena adhesión entre la superficie dental y la base del bracket. Las fallas adhesivas prolongan el tratamiento y generan inconvenientes para el paciente y el ortodoncista (Constanza, et al, 2024, p. 231).

El acondicionamiento del esmalte para adhesión requiere sistemas que cumplan con ciertos criterios, como:

- Capacidad reactiva al calcio y colágeno para permitir una adhesión química efectiva.
- Tensión superficial adecuada para favorecer la capilaridad.
- Baja viscosidad y buena capacidad de polimerización.
- Alta resistencia a la fractura y estabilidad frente a fluidos orales y ácidos.
- Efecto cariostático (liberación de flúor) y biocompatibilidad (Mandri, et al, 2015, p. 54)

El ácido fosfórico en concentraciones entre 15% y 40% es comúnmente usado, siendo el 37% el más empleado. Este produce microporosidades en el esmalte, favoreciendo la adhesión micromecánica. El protocolo típico implica grabar por 15 segundos, enjuagar, secar con aire, aplicar el adhesivo y luego la resina.

Figura 1. Muestra distintas condiciones del esmalte: sin grabar, grabado con ácido fosfórico al 37% y autograbado con distintos productos.



Fuente: Tomado de (Mandri, et al, 2015, p. 57)

En figura 1, se evidencia el esmalte sin grabado (A), el esmalte grabado con ácido fosfórico al 37% (B), esmalte autograbado con Transbond Plus SEP; y esmalte autograbado con A y b de Beuty Ortho Bond.

La adhesión ortodóncica sobre restauraciones de resina compuesta puede presentar desafíos debido a la escasa reactividad de su superficie. Investigaciones indican que realizar un pulido con fresa diamantada incrementa notablemente la adhesión. Los adhesivos universales, incluso sin acondicionamiento mecánico, han mostrado efectividad clínica. En resinas envejecidas, el uso de resinas de enlace mejora la fuerza adhesiva. Además, tanto el tipo de bracket como el sistema adhesivo utilizado influyen en el éxito del procedimiento. Por ello, es fundamental un adecuado acondicionamiento de la restauración para lograr una adhesión fuerte y evitar fallas durante el tratamiento ortodóncico. (Ribeiro, et al, 2022)

En la actualidad, los materiales que encontramos en el mercado para adhesión de brackets incluyen diferentes marcas, que ofrecen diversas ventajas clínicas de acuerdo a la composición de sus productos, entre los cuales tenemos:

Transbond XT (3M), conformado principalmente por los siguientes componentes:

- Silano tratado con cuarzo: 70–80%
- Bisfenol A diglicidil éter dimetacrilato (Bis-GMA): 10–20%
- Bisfenol A, bis (2-hidroxietil éter) dimetacrilato: 5–10%
- Sílice tratada con silano (cantidad menor no especificada)
- Fosfato de dipheniliodonio hexafluorophosphato: < 0.2% (fotoiniciador) (Caldeira, 2013)

El ácido fluorhídrico al 9% (Ultradent) entre las características más importantes son: tamponado y viscoso, mayor facilidad para la colocación y control, una mayor resistencia de unión de la porcelana y la resina. Además, se mejora la adhesión en proceso del recementado y permite una aplicación segura y precisa (Peña-López, et al, 2003, p. 650). ANSI/ADA Standard No. 71

El Ácido fosfórico al 37% (3M) es un agente grabador que se presenta como gel o líquido, se aplica para esmalte y dentina. El gel es de color azul, eso facilita la aplicación. La punta es flexible y se ajusta antes de la aplicación, no se seca y mantiene la consistencia (Sánchez, et al, 2024, p. 420). ANSI/ADA Standard No. 28

La lámpara de fotopolimerización VALO™ Grand utiliza un diodo que emite luz (LED), cuenta con tres modos de polimerización, cada uno con diferente intensidad de irradiación, para adaptarse a distintas situaciones clínicas:

- Potencia Estándar: aproximadamente 1000 mW/cm²
- Alta Potencia Plus: alrededor de 1600 mW/cm²
- Potencia Xtra: hasta 3200 mW/cm²

ANSI/ADA Standard No. 48. La penetración de la intensidad tiene la capacidad de polimerizar los cementos de resina subyacente.(Rivas, et al, 2022, p. 68).

Las láminas de resina Brava Block A2 (ANSI/ADA Standard No. 27). Su composición es vitrocerámico para un mecanizado en el sistema CAD-CAM, eso genera una resistencia mecánica, presenta una retención con más brillo y pulido; tiene la posibilidad de caracterización. Los beneficios más relevantes son una elevada resistencia mecánica, mayor confort y seguridad, facilidad para el pulido y alto brillo, y presenta una compatibilidad con cementos resinosos. Los colores están bajo el rango LT (baja translucidez) y HT (alta translucidez) (Quizhpilema, et al, 2024, p. 27).

Los brackets son dispositivos individuales que se adhieren sobre la superficie del diente mediante sistemas adhesivos, para permitir el movimiento dental cuando se colocan sobre ellos diferentes elementos activos. Existen diversas marcas de brackets, pero las características de los brackets metálicos 3M™ Unitek™ Gemini, sistema Roth .022. destacan sobre algunas otras marcas, sobre todo debido a la base de adhesión de estos brackets que está compuesta por una malla metálica tejida (woven mesh), cuyos hilos están dispuestos en forma de cruz o

entrecruzamiento diagonal (*criss-cross*). Este diseño facilita la penetración del adhesivo ortodóncico en las cavidades de la malla, aumentando así la retentividad mecánica.

Adicionalmente, la superficie de esta malla ha sido sometida a un proceso de micrograbado (micro-etching), con el objetivo de incrementar la rugosidad superficial. El calibre de la malla utilizada es gauge 80, lo cual indica un grosor delgado de los hilos metálicos y un tamaño óptimo de las aperturas. Esta configuración permite una distribución eficiente del adhesivo, mejora la expulsión del aire durante la cementación y favorece una adhesión clínicamente confiable y uniforme (Vicente-Hernández y Bravo-González, 2005, p. 62) ANSI/ADA Standard No. 100

El Óxido de aluminio de 50 μm para el microarenado, seguido de grabado con ácido ortofosfórico aumenta significativamente la rugosidad de las superficies, en comparación con el grabado solo con ácido.(Zimmer, et al, 2024, p. 120)

El silano (Ultradent) es un agente de unión que actúa como un “puente molecular” que promueve la adhesión entre la resina y los materiales de restauración indirecta (metales, aleaciones metálicas, cerámica y componentes de resina). Los agentes de acoplamiento de silano en odontología varían aproximadamente el 1 al 10% en diferentes productos comerciales (González, et al, 2020, p. 966) ANSI/ADA Standard No. 69

Metodología

Esta investigación tuvo un enfoque cuantitativo, al analizar la fuerza de adhesión en MPa. Fue un estudio experimental in vitro y transversal, ya que se realizó una medición puntual de la variable. La obtención de datos fue prospectiva, al aplicar los procedimientos en laboratorio, y comparativa, al evaluar las variaciones en la fuerza de adhesión de brackets metálicos sobre restauraciones de resina híbrida.

Se usaron 60 láminas de resina Brava Block color A2 y se midió la resistencia adhesiva de brackets metálicos 3M™ Unitek™ Gemini, sistema Roth 0.022” mediante prueba de cizallamiento.

La muestra fue determinada por muestreo no probabilístico por conveniencia, y estuvo conformada por dos grupos experimentales, cada uno con 30 unidades:

Grupo 1 (G1): Láminas grabadas con ácido fosfórico al 37% (3M) durante 15 segundos.

Grupo 2 (G2): Láminas grabadas con ácido fluorhídrico al 9% (Ultradent) durante 60 segundos.

Criterios de inclusión

Láminas de resina Brava Block color A2 en óptimas condiciones

Brackets metálicos nuevos (3M™ Unitek™ Gemini, sistema Roth 0.022”).

Adhesivo y resina de la marca 3M: Bond Transbond XT y Transbond™ XT.

Criterios de exclusión

Láminas de resina que no correspondan al color especificado (Brava Block color A2)

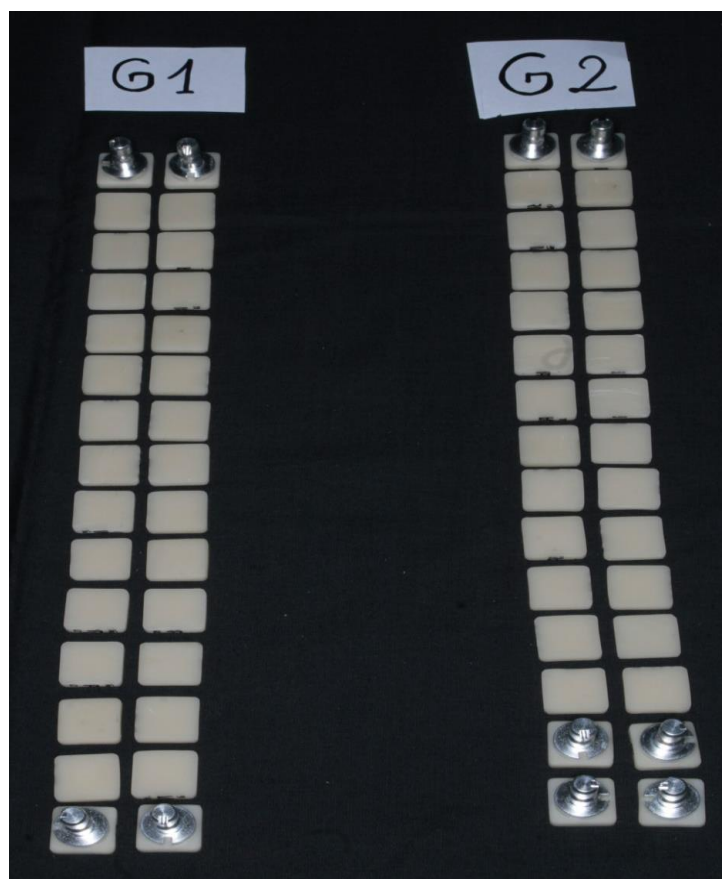
Brackets o adhesivos diferentes a los establecidos en el protocolo.

Láminas que presenten fracturas visibles previas a la prueba.

Procedimiento experimental

Las 60 láminas de resina Brava Block color A2 fueron microarenadas con óxido de aluminio de 50 μm (Bio-art $\text{\textcircled{R}}$) y para cada grupo (G1 y G2) se procedió con el grabado ácido correspondiente, y posteriormente con la adhesión de brackets metálicos convencionales (3MTM UnitekTM Gemini, sistema Roth .022”) siguiendo protocolos de adhesión sobre resinas de (Tahmasbi, et al, 2019), para posteriormente someter las muestras a pruebas de cizallamiento.

Figura 2. Láminas de resina.



Fuente: Avilés, 2025

Grupo G1 (ácido fosfórico 37%)

Para cada una de las 30 laminas se realizó **microarenado con óxido de aluminio de 50 μm durante 10 segundos**, manteniendo una distancia de **10 mm** entre la boquilla del equipo y la superficie de la muestra como lo indica (Quiroz, et al, 2022, p. 17). La presión de trabajo se mantuvo constante entre **60 y 80 lbf/pulg²** (equivalente a **4 a 5,5 kgf/cm²**), con el objetivo de lograr una adecuada microtexturización y favorecer la adhesión.

Posteriormente para el protocolo de adhesión se realizó el grabado con ácido fosfórico al 37% (3M) durante 15 segundos, luego se enjuagó con agua pulverizada durante 30 segundos y secado con aire comprimido sin aceite. Se aplicó el adhesivo Bond Transbond XT (3M) sobre la lámina de resina, y resina Transbond XT (3M) sobre la malla de los brackets siguiendo el protocolo de (Albaladejo, et al, 2011, p. 717), luego se colocaron los brackets metálicos Roth slot 0.022" (3M™ Unitek™ Gemini) sobre las láminas de resina realizando una ligera presión y se fotopolimerizaron durante 3 segundos por cada lado del bracket (mesial, distal, incisal y gingival), manteniendo una distancia aproximada de 1 mm y un ángulo de 90° respecto a la superficie.

Se utilizó la lámpara VALO™ Grand, cuya intensidad de luz fue verificada previamente con un radiómetro digital de la marca Woodpecker, registrando una lectura de 2200 mW/cm², lo que asegura una adecuada potencia de irradiación para el fotocurado. (Rivas, et al, 2022, p. 68).

Figura 3. Grabado con ácido fosfórico al 37% por 15 segundos



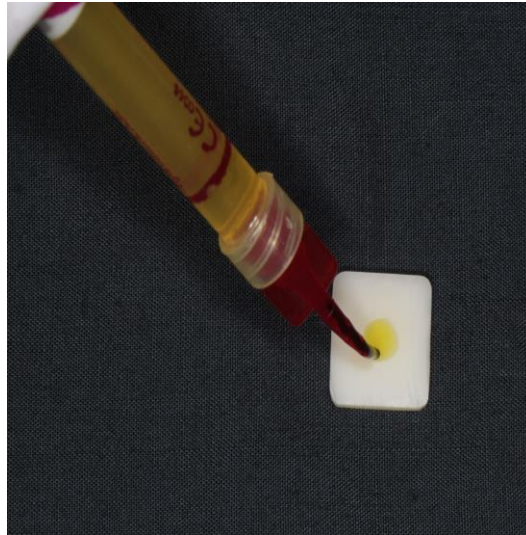
Fuente: Avilés, 2025.

Grupo G2 (ácido fluorhídrico al 9%)

Para las 30 láminas del grupo G2 se realizó microarenado con óxido de aluminio de 50 μm durante 10 segundos, manteniendo una distancia de 10 mm igual que en G1. El grabado ácido se realizó con ácido fluorhídrico al 9% (Ultradent) durante 60 segundos, y el enjuague y secado con la misma técnica que G1.

Se aplicó de silano (Ultradent) y se esperó 60 segundos, que es el tiempo recomendado por el fabricante, seguido de adhesivo Bond Transbond XT (3M) sobre la lámina de resina y resina Transbond XT (3M) sobre la malla del brackets y posteriormente se colocaron los brackets metálicos Roth slot 0.022" (3M™ Unitek™ Gemini) realizando una ligera presión sobre la lámina. La fotopolimerización se realizó con el mismo protocolo del grupo G1.

Figura 4. Grabado con ácido fluorhídrico 9% por 1min



Fuente: Avilés, 2025.

Después de la fotopolimerización, todas las muestras de G1 y G2 se colocaron en un recipiente con suero fisiológico a temperatura ambiente que oscila entre 30 a 33 grados durante 24 horas continuas previo a las pruebas de cizallamiento.

Figura 5. Verificación de la intensidad de luz.



Fuente: Avilés, 2025.

Figura 6. Fotocurado del bracket, usando lámpara VALO™ Grand.



Fuente: Avilés, 2025.

Para evaluar la resistencia adhesiva, se aplicó la prueba de cizallamiento utilizando una máquina de ensayo universal, bajo el protocolo descrito por (Melo, et al, 2019). Cada muestra fue posicionada en el dispositivo de sujeción, y se aplicó una carga de fuerza mediante una cuña de corte, alineada en la base del bracket, a una velocidad constante de 1 mm/min, hasta provocar el desprendimiento del bracket.

La fuerza máxima registrada antes de la separación fue expresada en megapascales (MPa), considerando el área de contacto entre la base del bracket y la lámina de resina.

Resultados

La investigación tuvo como objetivo evaluar la adhesión de brackets metálicos sobre restauraciones de resina híbrida donde los resultados obtenidos fueron:

Tabla 1 Resultados para la investigación

Grabado con ácido fosfórico 37% (3M) (Mpa)	Grabado con ácido fluorhídrico 9% (Ultradent) (Mpa)
4,91	4,91
8,13	6,61
3,13	11,16
4,46	8,93
6,96	6,52
8,04	7,77
5,27	6,70
9,73	12,68
7,14	5,71
4,02	12,32
3,30	8,48
13,48	6,16
10,27	5,54
5,27	5,54
5,09	5,36
11,34	5,98
5,98	9,82
4,20	5,89
3,13	5,71
3,39	6,43
6,96	6,34
9,29	10,27
10,63	14,02
3,93	10,71
5,98	5,54
3,93	11,34
3,66	10,98
4,02	6,61
4,73	13,75
3,75	12,77

Fuente: Avilés, 2025

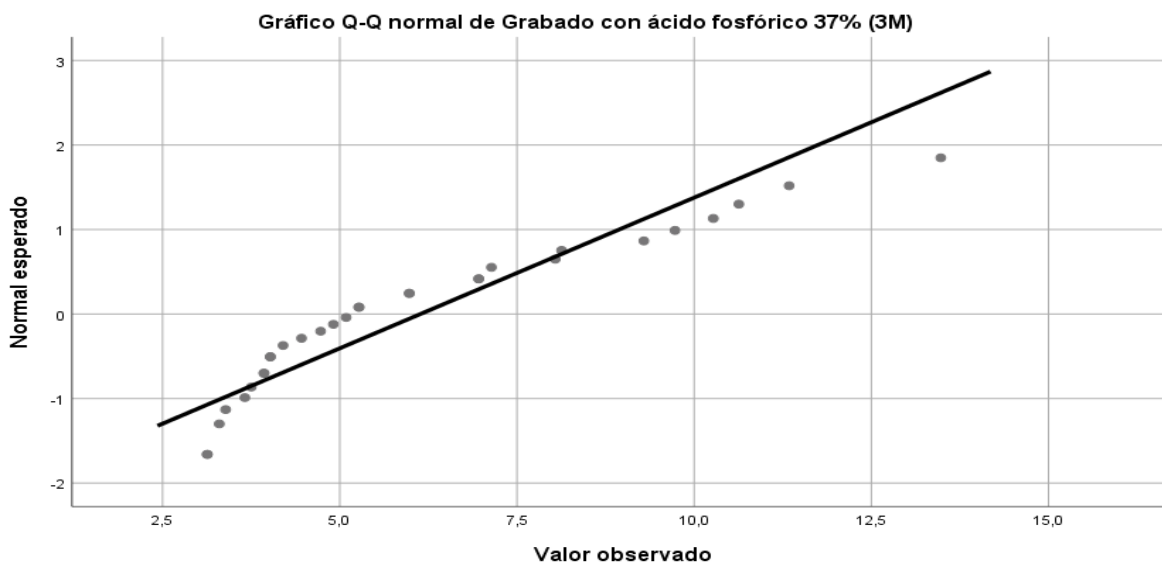
En la tabla 1, de un total de 60 muestras está dividida para los dos grupos: G1 grabado con ácido fosfórico 37% (3M) y G2 grabado con ácido fluorhídrico 9% (Ultradent). Para la aplicación de las pruebas estadísticas se determinó la prueba de normalidad que se presenta a continuación:

Tabla 2. Prueba de normalidad

Variables	Shapiro-Wilk		p-valor
	Estadístico	gl	
Grabado con ácido fosfórico 37%	0,882	30	0,003
Grabado con ácido fluorhídrico 9%	0,869	30	0,002

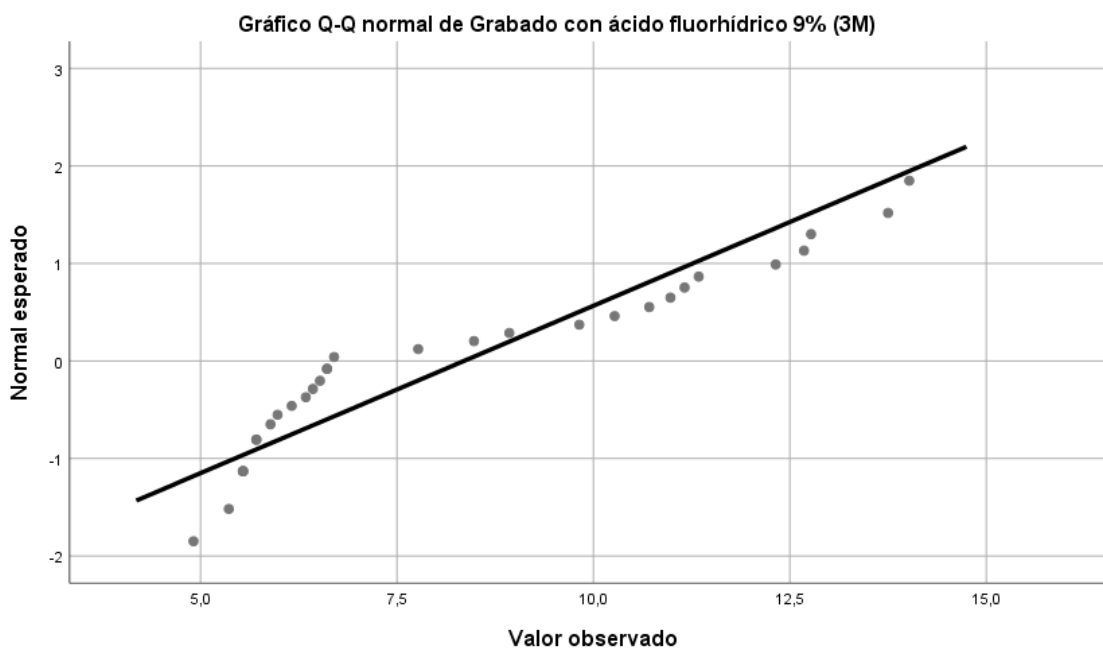
Fuente: Avilés, 2025

En la tabla 2, se evidenció que los datos no tienen una distribución normal según la prueba Shapiro Wilk que se utiliza para muestras menores de 50.

Figura 7. Gráfico Q-Q de grabado con ácido fosfórico 37%

Fuente: Avilés, 2025

En la figura 7, se observó que las 30 muestras no presentan una uniformidad en referencia a la media, eso fortalece a la prueba de Shapiro Wilk.

Figura 8. Gráfico Q-Q de grabado con ácido fluorhídrico 9%

Fuente: Avilés, 2025

En la figura 8, las otras 30 muestras referentes a grabado con ácido fluorhídrico tampoco presentan una uniformidad en referencia a la media, estos resultados de las figuras permiten aplicar las pruebas estadísticas no paramétricas.

Datos descriptivos

La evaluación de adhesión de brackets metálicos sobre superficies de resina híbrida, requiere de datos descriptivos como la media, desviación estándar e intervalos de confianza.

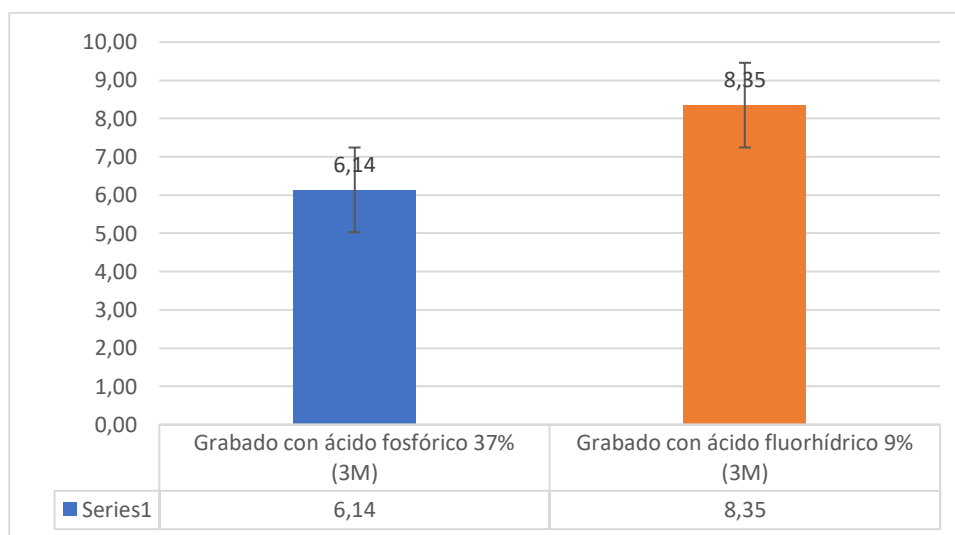
Tabla 3 Datos descriptivos del trabajo experimental

Grabado de ácido	N	Media	D. E	95% IC	
				Min.	Máx.
Grabado con ácido fosfórico 37%	30	6,14	2,80	5,09	7,18
Grabado con ácido fluorhídrico 9%	30	8,35	2,91	7,26	9,44
Total	60	7,24	3,05	6,46	8,03

Fuente: Avilés, 2025

En la tabla 3, se observa que la fuerza adhesiva media fue superior en el grupo tratado con ácido fluorhídrico al 9% (8.35 ± 2.91 MPa), lo cual indica que esta técnica podrá ofrecer una mejor retención en restauraciones de resina híbrida. En comparación, el grupo tratado con ácido fosfórico al 37% que presentó un promedio menor (6.14 ± 2.80 MPa).

Figura 9. Promedio del ácido fosfórico 37% y ácido fluorhídrico 9%



Fuente: Avilés, 2025

En la figura 9, se fortalece que existe una diferencia en el promedio de la adhesión de los brackets por la influencia del grabado con ácido fluorhídrico 9% sobre el grabado con ácido fosfórico 37%.

Datos inferenciales

Los datos inferenciales permiten determinar si existe una diferencia significativa entre los grupos de los grabados con ácido, se consideró un nivel de error del 5%, el p-valor representa la probabilidad del valor de éxito; la prueba que se utilizó para la comparación de los dos grupos fue Mann Whitney que se utiliza cuando los datos no tienen una distribución normal. El programa estadístico que se utilizó fue el SPSS24.

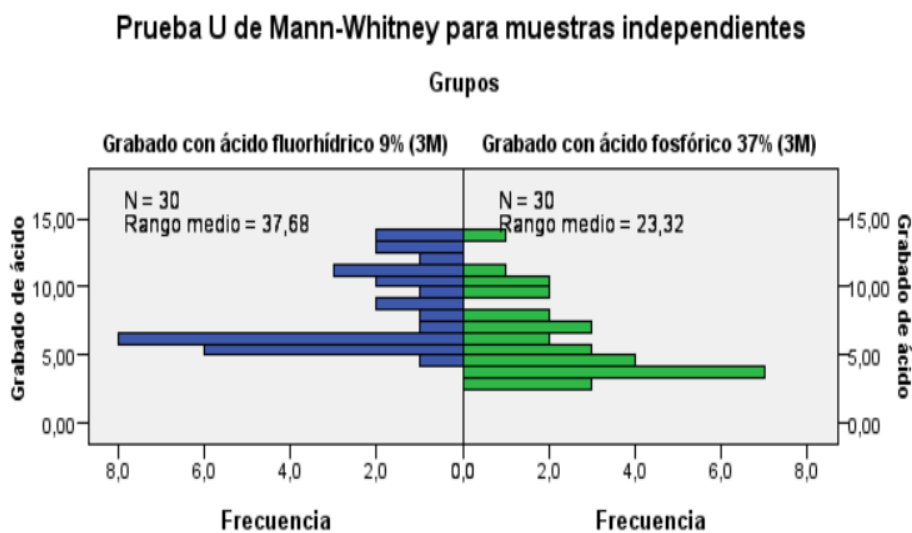
Tabla 4. Prueba estadística de Mann Whitney

Estadísticos de prueba^a	Grabado de ácido
U de Mann-Whitney	234,500
W de Wilcoxon	699,500
Z	-3,187
p-valor	0,001

a. Variable de agrupación: Grupos

Fuente: Avilés, 2025

En la tabla 4, La diferencia fue estadísticamente significativa ($p = 0.001$), confirmando que el grabado con ácido fluorhídrico al 9% favorece una mayor resistencia de adhesión de los brackets metálicos sobre superficies de resina híbrida.

Figura 10. Prueba estadística no paramétrica Mann Whitney

Fuente: Avilés, 2025

En la figura 10, la representación de las variaciones de las muestras de los grabados con ácido con ácido fosfórico al 37% y el grabado con ácido fluorhídrico al 9%, permite observar que la variación del rango medio es mayor en el grabado con ácido fluorhídrico al 9%.

Discusión

El presente estudio experimental in vitro comparó la resistencia adhesiva de brackets metálicos sobre superficies de resina híbrida, utilizando dos tipos de grabadores: ácido fosfórico al 37% (3M) y ácido fluorhídrico al 9% (Ultradent). Los resultados indicaron que el grupo tratado con ácido fluorhídrico presentó valores significativamente mayores de adhesión (8.35 ± 2.91 MPa) en comparación con el grupo tratado con ácido fosfórico (6.14 ± 2.80 MPa), lo cual confirma la eficacia del ácido fluorhídrico en este tipo de superficie.

Estos hallazgos son coherentes con lo reportado por (Ozcan, et al, 2023), quienes evaluaron la resistencia adhesiva de brackets a diferentes materiales restauradores utilizando distintos adhesivos ortodóncicos. Su estudio también concluyó que las estrategias de acondicionamiento superficial, como el grabado con ácido fluorhídrico, influyen significativamente en el aumento de la adhesión al sustrato restaurador.

De igual forma, se evaluaron in vitro la resistencia de unión de brackets metálicos adheridos a distintos materiales de restauración dental, utilizando adhesivos como el cemento ionómero de vidrio y resina compuesta a diferencia de nuestro estudio que se realizó con un solo tipo de resina. Su muestra consistió en 80 discos divididos en cuatro grupos. Los autores concluyeron que la resistencia al cizallamiento varió significativamente entre los distintos materiales y tipos de adhesivo utilizados (Ozcan, et al, 2023, p. 448)

De igual manera, (Çınar, et al, 2024) demostraron que el grabado ácido combinado con tratamientos adicionales como el silano mejora la resistencia de unión a cerámicas híbridas. En nuestra investigación, el uso complementario del silano en el grupo grabado con ácido

fluorhídrico pudo haber potenciado la interacción química con la superficie de la resina, favoreciendo la adhesión

Por otro lado, estudios como el de (Pazmiño, 2023), que emplearon diferentes metodologías de acondicionamiento (como el uso de clorhexidina o hipoclorito de sodio), reportaron adhesiones incluso superiores. Sin embargo, estos métodos fueron aplicados sobre esmalte natural, lo cual limita la comparabilidad directa con el presente estudio, enfocado exclusivamente en restauraciones de resina híbrida.

Las diferencias entre los resultados obtenidos y los de otros estudios podrían explicarse por varios factores: el tipo de resina utilizada, el método de preparación de superficie, los tiempos de exposición al grabador, y la técnica de fotopolimerización. En este sentido, una limitación de este estudio es el uso de un solo tipo de resina y la evaluación sobre láminas artificiales (Brava Block), lo que podría no replicar completamente las condiciones clínicas del esmalte dental o restauraciones intraorales expuestas a la humedad, saliva y fuerzas funcionales.

En comparación con el esmalte dental, las superficies con restauraciones de composite no se ven afectadas por el grabado convencional con ácido fosfórico, lo que dificulta lograr una retención micromecánica adecuada. Sin embargo, investigaciones han señalado que el uso de ácido fluorhídrico puede generar una adhesión con resistencia aceptable desde el punto de vista clínico (Ordoñez - Reyes, et al, 2017, p. 120). A diferencia de este estudio donde el ácido fosfórico también se encontró dentro del rango clínicamente aceptable (6MPa) de adhesión con, lo que indica que ambos métodos pueden ser viables, dependiendo de la situación individual de cada paciente.

En el estudio de (Tahmasbi, et al, 2019) se evaluó la resistencia de adhesión al cizallamiento de brackets a resina compuesta utilizando diferentes tipos de adhesivos. A diferencia de nuestro estudio, donde se compararon diferentes ácidos de grabado para evaluar su influencia en la adhesión, en el estudio de Tahmasbi todas las muestras fueron grabadas con ácido fosfórico al 37%, estandarizando así el tratamiento químico superficial.

Conclusiones

El protocolo que incluye microarenado, grabado con ácido fluorhídrico al 9%, aplicación de silano y adhesivo fotopolimerizable constituye una estrategia eficaz para optimizar la adhesión ortodóncica sobre materiales restauradores, en comparación con el grabado con ácido fosfórico al 37%, de manera estadísticamente significativa ($p < 0.05$).

La resistencia obtenida con ambos tipos de grabado se encuentra dentro del rango clínicamente aceptable para soportar las fuerzas ortodóncicas.

Los resultados del presente estudio contribuyen al establecimiento de protocolos clínicos más eficaces, optimizando la adhesión sobre materiales restauradores, mejorando la predictibilidad del tratamiento, es importante considerar los riesgos asociados y las alternativas disponibles para definir la mejor opción individualizada para cada paciente.

Referencias

- Bernal Quintana, J. L., Palma Calero, J. M., Guerrero Ibarra, J., Bernal Quintana, J. L., Palma Calero, J. M., & Guerrero Ibarra, J. (2010). Valoración de la resistencia al desprendimiento de brackets cementados con ionómero de vidrio a esmalte con y sin grabado previo. *Revista odontológica mexicana*, *14*(3), 145-150.
- Burns, A., Hughes, A., & O'Sullivan, M. (2024). Orthodontic bonding in special circumstances. *British Dental Journal*, *237*(5), 400-406. <https://doi.org/10.1038/s41415-024-7791-z>
- Çınar, Ş., Altan Çınar, B., Güneş Bağlan, G., & Yıldırım, E. (2024). Effect of different surface conditioning methods and low pH solutions on the shear bond strength of orthodontic brackets to newly introduced CAD/CAM materials. *Heliyon*, *10*(21), 40-48. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40018>
- Constanza, L., Urrutia, J., & Hormazábal, F. (2024). Hipoclorito de Sodio como agente desproteinizante para mejorar la adhesión en esmalte hipomineralizado en Ortodoncia. *Odontostomat.*, *18*(2), 226-233.
- Contreras-Bulnes, R., Scougall-Vilchis, R. J., Rodríguez-Vilchis, L. E., Centeno-Pedraza, C., Olea-Mejía, O. F., & Alcántara-Galena, M. del C. Z. (2013). Evaluation of self-etching adhesive and Er:YAG laser conditioning on the shear bond strength of orthodontic brackets. *TheScientificWorldJournal*, *2013*, 71-82. <https://doi.org/10.1155/2013/719182>
- Ferreto, I., Cáceres, H., & Chan, J. (2016). Comparación de la fuerza de adhesión de brackets a esmalte dental con un sistema exclusivo para ortodoncia y un sistema restaurativo. *Revista Científica Odontológica*, *12*(2), 8-14.

- González, P., Díaz, E., Beltrán del Río, R., Hernández, C., García, A., & Jimenez, Joel. (2020). Evaluación de la fuerza de adhesión de brackets reacondicionados por el método de arenado, térmico y mixto. *n la orto*, 8(24), 964-970.
- Jakavičė, R., Kubiliūtė, K., & Smailienė, D. (2023). Bracket Bond Failures: Incidence and Association with Different Risk Factors—A Retrospective Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(5), 44-52.
<https://doi.org/10.3390/ijerph20054452>
- Kafle, D., Mishra, R. K., Hasan, M. R., & Saito, T. (2020). A Retrospective Clinical Audit of Bracket Failure among Patients Undergoing Orthodontic Therapy. *International Journal of Dentistry*, 2020, 81-96. <https://doi.org/10.1155/2020/8810964>
- Maldonado, A., Sifuentes, J., & Lanata, E. (2025). Adhesión de las resinas compuestas a esmalte y dentina. ¿Siete décadas después, logramos el sistema adhesivo ideal? *Revista ADM*, 823(3), 145-152. <https://doi.org/doi:10.35366/120437>
- Mandri, M. N., Aguirre Grabre de Prieto, A., & Zamudio, M. E. (2015). Sistemas adhesivos en Odontología Restauradora. *Odontoestomatología*, 17(26), 50-56.
- Mao, Z., Schmidt, F., Beuer, F., Yassine, J., Hey, J., & Prause, E. (2024). Effect of surface treatment strategies on bond strength of additively and subtractively manufactured hybrid materials for permanent crowns. *Clinical Oral Investigations*, 28(7), 371.
<https://doi.org/10.1007/s00784-024-05767-3>
- Munizaga, S., Gacitúa, P., Yáñez, M., & Álvarez, E. (2022). Adhesión de los brackets metálicos en diferentes tipos de superficies. Revisión de la literatura. *Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatría*, 4(2), 25-45.

- Noriega Muro, T. S., Balderas Delgadillo, C., Monjarás Ávila, A. J., Cuevas Suárez, C. E., Zamarripa Calderón, J. E., Ancona Meza, A. L., & Rivera Gonzaga, J. A. (2018). Comparación de la resistencia adhesiva de Brackets Ortodónticos utilizando láser er: Yag vs grabado ácido. *Educación y Salud: Boletín Científico Instituto de Ciencias de la Salud Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, 6(12), 20.
- Ordoñez Reyes, L. F., Estrada Suarez, D. M., & Tay Chu Jon, L. Y. (2017). Adhesión después del uso de dentífricos: Una revisión de la literatura. *Revista Estomatológica Herediana*, 27(2), 116-123. <https://doi.org/10.20453/reh.v27i2.3142>
- Ozcan, S., Nesir, M., Topçuoğlu, E., & Onur, A. (2023). In Vitro Evaluation of the Bond Strength of Metal Brackets Adhered to Different Dental Restorative Materials using Different Orthodontic Adhesives. *ResearchGate*, 26(4), 447-453. https://doi.org/10.4103/njcp.njcp_479_22
- Pazmiño, N. (2023). *Comparación de la resistencia adhesiva de Brackets Ortodónticos utilizando láser er: Yag vs grabado ácido* [Tesis, Hemisferios]. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/<https://backdspace.uhemisferios.edu.ec/server/api/core/bitstreams/80427986-850a-4df2-a631-03e2b2aa3aef/content>
- Peña-López, J. M., Fernández-Vázquez, J. P., Álvarez-Fernández, M. Á., & González-Lafita, P. (2003). Técnica y sistemática clínica de la preparación y construcción de carillas de porcelana. *RCOE*, 8(6), 647-668.
- Quizhpilema, A. Y. M., Numerable, R. H. P., González, F. M. C., & Armas-Vega, A. C. (2024). Influencia de la longevidad en las propiedades mecánicas de los compuestos de resina CAD/CAM: Revisión de literatura.: Longevity of CAD/CAM resins. *Odontología Activa Revista Científica*, 9(2), 24-31. <https://doi.org/10.31984/oactiva.v9i2.1031>

- Rivas, C. G. P., Flores, D. D. C., Sevilla, C. T. I., & Ruiz-Barrueto, M. A. (2022). Intensidad lumínica de las lámparas de fotocurado LED en los consultorios odontológicos de Piura, Perú. *Revista Cubana de Estomatología*, 59(2), 67-69.
- Sánchez, R., Paredes, M., Angulo, L., & Sánchez, M. (2024). Técnicas y materiales para la restauración dental: Una revisión sistemática. *RECIMUNDO; Editorial Saberes del Conocimiento*, 8(3), 408-430. [https://doi.org/10.26820/recimundo/8.\(3\).julio.2024.408-430](https://doi.org/10.26820/recimundo/8.(3).julio.2024.408-430)
- Vicente-Hernández, A., & Bravo-González, L. A. (2005). Resistencia a las fuerzas de cizalla del sistema APC Plus: Estudio «in vitro». *RCOE*, 10(1), 61-65.
- Vildósola, P., Angel Aguirre, P., Pino Garrido, A., Cisternas Pinto, P., Diaz Durán, E., Junior, O. B. de O., Cury Saad, J. R., & Bader Mattar, M. (2015). Comparación de la fuerza adhesiva de 2 sistemas de cementos de resina en diferentes regiones radiculares en la cementación de postes de fibra. *Revista clínica de periodoncia, implantología y rehabilitación oral*, 8(1), 38-44. <https://doi.org/10.1016/j.piro.2015.02.001>
- Zimmer, R., Mantelli, A. R., Montagna, K., Reston, E. G., & Arossi, G. A. (2024). Does sandblasting improve bond strength in resin composite repair? *Dentistry Review*, 4(1), 100077. <https://doi.org/10.1016/j.dentre.2023.100077>
- Zúñiga Llerena, M., Rosero Salas, F., Velásquez Ron, B., Zúñiga Llerena, M., Rosero Salas, F., & Velásquez Ron, B. (2020). Resistencia a fractura de coronas elaboradas con disilicato de litio aplicadas en diferentes terminaciones marginales. *Odontología Vital*, 32, 45-56.