



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD
CARRERA DE ODONTOLOGIA**

**Efectividad de la abrasión de partículas con aire dentro del proceso
de adhesión en restauraciones directas e indirectas.**

Trabajo de Titulación para optar al título de Odontóloga

Autor:

Pazmiño Aguaguña, Joselyn Elizabeth

Tutor:

Dr. Christian Andrés Cabezas Abad

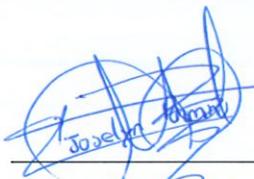
Riobamba, Ecuador. 2025

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, **Joselyn Elizabeth Pazmiño Aguaguiña**, con cédula de ciudadanía **0250351574**, autor (a) (s) del trabajo de investigación titulado: **Efectividad de la abrasión de partículas con aire dentro del proceso de adhesión en restauraciones directas e indirectas**, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, a los 8 días del mes de mayo de 2025



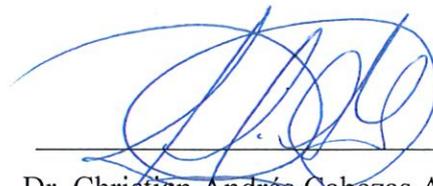
Joselyn Elizabeth Pazmiño Aguaguiña

C.I: 0250351574

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, **Dr. Christian Andrés Cabezas Abad** catedrático adscrito a la **Facultad de Ciencias de la Salud**, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: **“Efectividad de la abrasión de partículas con aire dentro del proceso de adhesión en restauraciones directas e indirectas.”**, bajo la autoría de **Joselyn Elizabeth Pazmiño Aguaguña**; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 14 días del mes de Mayo de 2025



Dr. Christian Andrés Cabezas Abad

C.I: 1714982285

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación **Efectividad de la abrasión de partículas con aire dentro del proceso de adhesión en restauraciones directas e indirectas** por **Joselyn Elizabeth Pazmiño Aguaguña**, con cédula de identidad número **0250351574**, bajo la tutoría de **Dr. Christian Andrés Cabezas Abad**; certificamos que recomendamos la **APROBACIÓN** de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba a la fecha de su presentación.

Dra. Sandra Marcela Quisiguiña Guevara
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO

Dr. Carlos Alberto Alban Hurtado
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO

Dra. María Gabriela Benítez Pérez
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



CERTIFICACIÓN

Que, **PAZMIÑO AGUAGUIÑA JOSELYN ELIZABETH** con CC: **0250351574**, estudiante de la Carrera de **ODONTOLOGÍA**, Facultad de **CIENCIAS DE LA SALUD**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**EFFECTIVIDAD DE LA ABRASIÓN DE PARTÍCULAS CON AIRE DENTRO DEL PROCESO DE ADHESIÓN EN RESTAURACIONES DIRECTAS E INDIRECTAS.**", que corresponde al dominio científico **SALUD COMO PRODUCTO SOCIAL, ORIENTADO AL BUEN VIVIR** y alineado a la línea de investigación **SALUD**, cumple con el **1%**, reportado en el sistema Anti plagio **COMPILATIO**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 14 de mayo de 2025



Dr. Christian Andrés Cabezas Abad
TUTOR

DEDICATORIA

A Dios, porque este logro es testimonio de su amor constante y de que con fe no hay nada inalcanzable por más desafiante que parezca.

A mis papitos, Clarita y Miguel, porque en cada paso que doy están sus huellas y en cada triunfo que celebro está su esfuerzo, su sacrificio y su amor sin medida. Por enseñarme con el ejemplo, por educarme con amor, paciencia y firmeza, mi gratitud hacia ustedes es eterna y este logro también lleva su nombre, porque en todo lo que soy, vive lo mejor de lo que ustedes me han dado.

A mis hermanos, Alexandra, Washington, Anita y Anabel, por ser mi apoyo y ejemplo de superación. Gracias por sus consejos llenos de amor, por enseñarme que todo es posible y recordarme que soy capaz de lograr todo aquello que me proponga.

A mis sobrinos, quienes han llenado mi vida de alegría, y que sin saberlo su ternura y cariño han sido mi inspiración para cumplir mis objetivos.

Por enseñarme a creer, a resistir y a soñar este logro sin duda es el reflejo de un esfuerzo compartido y mi corazón está lleno de gratitud y amor infinito hacia ustedes que me han dado todo sin condiciones ni límites.

Con amor, admiración y respeto eterno, Joss Pazmiño.

AGRADECIMIENTO

Mi sincero agradecimiento a mi tutor de tesis, Dr. Christian Andrés Cabezas Abad por su constante apoyo, orientación y paciencia a lo largo de este proceso. Su compromiso y dedicación deja una huella imborrable en mi formación profesional.

A la Universidad Nacional de Chimborazo, por ser el espacio donde encontré oportunidades para aprender, enfrentar desafíos y formarme en tan anhelada profesión.

De igual manera, extendiendo mi gratitud a todos los docentes, por su paciencia y pasión por la enseñanza que han sido clave en mi desarrollo académico y profesional.

Finalmente, a mis amigas Mel Villafuerte, May Zumba y Jessy Macas que estoy segura de que Dios las puso en mi vida para entender el verdadero significado de la amistad. Gracias por ser parte de esta etapa y celebrar juntas cada triunfo, las llevo en el corazón hoy y siempre.

A todos ustedes, mi más profundo agradecimiento y aprecio.

- Joss Pazmiño

ÍNDICE GENERAL;

DECLARATORIA DE AUTORÍA	
DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR	
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL	
CERTIFICADO ANTIPLAGIO	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
RESUMEN	
ABSTRACT	
CAPÍTULO I. INTRODUCCION.....	14
1.1 ANTECEDENTES	14
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.3 JUSTIFICACIÓN	15
1.4 OBJETIVOS	16
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	17
2.1 Fundamentos de la Adhesión dental	17
2.1.1 Concepto de la adhesión dental	17
2.1.2 Tipos de adhesión	17
2.1.3 Factores que influyen en la adhesión.....	17
2.2 Técnicas de preparación de superficie para la adhesión.....	19
2.2.1 Grabado ácido.....	19
2.2.2 Preparación con láser.....	20
2.2.3 Abrasión de partículas con aire	20
2.2.4 Interacción con Sistemas Adhesivos	26

2.2.5	Comparación de la abrasión de partículas con aire con otros métodos en distintos contextos clínicos	27
2.2.6	Microfiltración y cizallamiento en el preacondicionamiento con abrasión por aire	29
CAPÍTULO III. METODOLOGIA.....		30
3.1	Tipo de Investigación	30
3.2	Diseño de Investigación.....	30
3.3	Metodología prisma.....	30
3.3.1	Formulación de las preguntas	30
3.3.2	Criterios de inclusión y exclusión	30
3.3.3	Fuente de información y estrategia de búsqueda.....	31
3.3.4	Técnica de recolección de datos	31
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		37
4.1	RESULTADOS	37
4.2	DISCUSIÓN.....	46
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES		51
5.1	CONCLUSIONES.....	51
5.2	RECOMENDACIONES	51
BIBLIOGRAFÍA		53
ANEXOS		62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Criterios de selección para limitar la búsqueda	30
Tabla 2. Estrategia de búsqueda	31
Tabla 3. Calidad de artículos según el método CRIS Guidelines.....	33
Tabla 4. Recuperación de datos de los estudios in-vitro	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1. Diagrama de flujo del proceso de selección de fuentes de información..... 32

RESUMEN

Los fallos en la adhesión han representado un desafío constante en odontología restauradora. La abrasión por aire es una técnica de pretratamiento mecánico que crea microrugosidad de la superficie tratada e incrementa el área de contacto entre el adhesivo y el sustrato dental mejorando la adhesión. Esta técnica busca reducir los fallos de adhesión especialmente en la dentina. Por ello esta investigación tuvo como objetivo analizar la efectividad de la abrasión de partículas con aire en el proceso de adhesión en restauraciones directas e indirectas.

Metodología: Se realizó la búsqueda sistemática de artículos en diferentes bases de datos como: PubMed, ProQuest y Scopus. Se utilizó la metodología PRISMA, como guía para garantizar la transparencia y calidad de los artículos científicos en el proceso de selección de los estudios incluidos. **Resultados:** Se incluyeron 24 artículos que en su totalidad fueron estudios in-vitro. Se evaluó estudios relevantes sobre la efectividad de la abrasión por aire con óxido de aluminio y de igual forma se observa otros pretratamientos como el grabado con ácido fosfórico o ácido fluorhídrico, láser, desgaste con fresa y plasma que buscan poder identificar el mejor tratamiento de superficie para aumentar los valores de fuerza de unión a la dentina. **Conclusión:** Los resultados sugieren que la aplicación de abrasión con aire con óxido de aluminio con parámetros adecuados y el uso de primers como el MDP mejora significativamente la fuerza de unión a la dentina en restauraciones directas e indirectas.

Palabras claves: abrasión por aire, fuerza de unión, restauraciones directas, restauraciones indirectas, óxido de aluminio

ABSTRACT

Adhesion failure has been a constant challenge in restorative dentistry. Air abrasion is a mechanical pretreatment technique that creates microroughness of the treated surface and increases the contact area between the adhesive and the dental substrate improving adhesion. This technique seeks to reduce adhesion failures especially in dentin. Therefore, the objective of this research was to analyze the effectiveness of particle abrasion with air in the adhesion process in direct and indirect restorations Methodology: A systematic search of articles was carried out in different databases such as: PubMed, ProQuest and Scopus. The PRISMA methodology was used as a guide to guarantee the transparency and quality of the scientific articles in the selection process of the included studies. Results: 24 articles were included, all of which were in-vitro studies. Relevant studies on the effectiveness of air abrasion with aluminum oxide were evaluated, as well as other pretreatments such as etching with phosphoric acid or hydrofluoric acid, laser, milling cutter wear and plasma that seek to identify the best surface treatment to increase dentin bond strength values. Conclusion: The results suggest that the application of air abrasion with aluminum oxide with adequate parameters and the use of primers such as MDP significantly improves dentin bond strength in direct and indirect restorations.

Keywords: air abrasion, bond strength, direct restorations, indirect restorations, aluminum oxide.



Reviewed by:
Marco Antonio Aquino
ENGLISH PROFESSOR
C.C. 1753456134

CAPÍTULO I. INTRODUCCION

1.1 ANTECEDENTES

El procedimiento de abrasión por aire, chorro de aire o sandblasting fue presentado en el campo de la odontología en 1945 por Robert Black, motivado por la necesidad de aliviar el temor al a la turbina. El autor presentó un dispositivo que permitía preparar las superficies dentales sin contacto directo, este enfoque ayudó a disminuir el miedo, el malestar físico y psicológico asociado con el uso de la turbina y mejorando la experiencia del paciente. (1)

El desarrollo de la abrasión por aire, impulsada por el Dr. Black inicia con la introducción de la unidad Airdent de la empresa S.S. White, que, aunque mostró resultados prometedores, no logró popularidad. Por varios motivos como: la incapacidad para crear cavidades con paredes y márgenes bien definidos esenciales para los materiales de la época como la amalgama y el oro, además, la falta de succión a alta velocidad dificultaba la eliminación del polvo generado durante el procedimiento y finalmente la aparición de la turbina de aire marcó una evolución más práctica. (2)

En el año 1950, la creación de la turbina desplazo el uso de la abrasión por aire dejando de ser útil debido a su mayor comodidad y a la reducción del tiempo de trabajo para la preparación de cavidades, sin embargo, con los avances en odontología adhesiva este método ha ganado relevancia nuevamente. (3)

El Whisperjgr 2000, lanzado en 1993 por American Dental Laser Company fue los primeros dispositivos renacentista, aunque su uso fue limitado por la generación de polvo. Inicialmente se resolvió este problema utilizando aspiradoras de gran capacidad cerca de la boca, pero el ruido resultó perjudicial, posteriormente se desarrolló una cubierta de agua que rodeaba la corriente de partículas de aire convirtiendo el polvo en una suspensión con agua y saliva. Esto mejoró la eficiencia de la succión y aumentó la comodidad del paciente optimizando la abrasión al ampliar el corte en esmalte y dentina. (4)

La abrasión de partículas de aire (APA), es una técnica que consiste en dirigir un flujo controlado de partículas impulsadas a alta presión desde una pequeña boquilla hacia una superficie específica. (5) Este método tiene como objetivo aumentar la rugosidad de la superficie tratada, la energía superficial y la capacidad de humectación del sustrato logrando mejorar la retención micromecánica del agente adhesivo de materiales de restauración como cerámicas y compuestos de resina. (6)

Entre los principios fundamentales de esta técnica se encuentran factores como el tipo y tamaño de partículas, la presión aplicada, el ángulo, la distancia de proyección y el tiempo de exposición. La combinación adecuada de estos parámetros influye significativamente en la topografía de la superficie, la fuerza de unión y las propiedades mecánicas de la estructura

tratada, por lo tanto, una correcta selección es esencial para maximizar su eficacia y garantizar resultados clínicos óptimos. (7)

Se ha reportado el uso clínico de la abrasión por aire (APA) con óxido de aluminio en sustratos dentales como método de limpieza, como pretratamiento antes de la cementación adhesiva de restauraciones indirectas y como preparación superficial previo a restauraciones de resina compuesta. Sin embargo, aunque se reconocen beneficios para mejorar la adhesión de materiales restaurativos, también se evidencia que puede provocar defectos superficiales y micro fisuras comprometiendo su resistencia generando debate sobre su uso. (5)

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los fallos en la adhesión han representado un desafío constante en odontología restauradora y ante esta problemática, la abrasión por aire ha ganado protagonismo en los últimos años.

Los resultados son controversiales, hay evidencia que respalda su efectividad al aumentar los valores de fuerza de unión y mejorar la retención micromecánica del material restaurador al sustrato dental. (8) (9) No obstante, a pesar de los resultados favorables también se reporta que su aplicación no produce mejoras significativas en la fuerza de unión y en ciertos casos los resultados adhesivos obtenidos tras el uso de APA no difieren de aquellos logrados en superficies no tratadas o mediante otros métodos convencionales. (10) (11) Incluso estudios indican que esta técnica disminuye los valores de fuerza de unión al inducir defectos en la estructura del material. (12) (13)

Debido a esta falta de consenso sobre la efectividad de la abrasión por aire, surge la necesidad de esta investigación para esclarecer los factores que influyen en su desempeño y proporcionar directrices claras para su aplicación, asegurando así un tratamiento más predecible y reduciendo posibles fracasos clínicos en los pacientes.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La adhesión es esencial para garantizar la unión entre el tejido dental y los materiales de restauración. Este proceso es clave para la durabilidad de las restauraciones, ya que reduce el riesgo de desadaptaciones o filtraciones marginales prolongando la vida útil de las restauraciones directas e indirectas. Por lo que, resulta fundamental investigar técnicas innovadoras como la abrasión de partículas con aire para mejorar los procesos adhesivos y los resultados clínicos.

Esta técnica crea superficies con micro retenciones e incrementa el área de contacto entre el adhesivo y el sustrato dental mejorando la adhesión. En comparación con métodos como el grabado ácido o la preparación mecánica convencional, la abrasión por aire reduce daños estructurales, conserva el tejido dental y es efectiva en materiales como el zirconio. La

evaluación de su efectividad contribuye a mejorar los tratamientos adhesivos en odontología moderna y sus características justifican su elección para potenciar la calidad y longevidad.

Sin embargo, falta de evidencia científica sólida que respalde la eficacia de la abrasión por aire especialmente en estudios comparativos entre distintos tipos de restauraciones. Los resultados disponibles son inconsistentes, lo que genera incertidumbre sobre su aplicabilidad en diversos escenarios clínicos. Esto subraya la necesidad de investigaciones rigurosas, ya que ampliar la base científica ofrece mayor durabilidad y previsibilidad de los tratamientos restauradores.

Esta técnica potencia la adhesión en restauraciones directas e indirectas al mejorar el enlace adhesivo y reducir la probabilidad de fallos clínicos. De esta forma, la implementación de técnicas basadas en evidencia fortalece la relación entre el odontólogo y el paciente incrementando la satisfacción y los resultados clínicos a largo plazo.

1.4 OBJETIVOS

a. General

- Analizar la efectividad de la abrasión de partículas con aire en el proceso de adhesión en restauraciones directas e indirectas mediante una revisión de diversas fuentes de información de alto impacto determinando así la importancia de su uso.

b. Específicos

- Determinar los parámetros que influyen en la abrasión de partículas con aire para maximizar los resultados de retención y adhesión de las restauraciones directas e indirectas
- Comparar la fuerza de unión entre la abrasión por aire con otros métodos químicos y mecánicos de preparación de superficie
- Identificar las ventajas y desventajas del uso de la abrasión de partículas con aire

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Fundamentos de la Adhesión dental

2.1.1 Concepto de la adhesión dental

Se define a la adhesión como la fuerza o capacidad que permite que dos superficies se mantengan unidas, impidiendo así su separación. (14) En odontología, este concepto implica la unión entre el esmalte o la dentina y los materiales restauradores, este vínculo se establece a través de sistemas adhesivos, los cuales integran en uno o varios componentes, todos los pasos necesarios para lograr una conexión efectiva entre las estructuras dentales y los materiales de restauración. (15)

2.1.2 Tipos de adhesión

2.1.2.1 Adhesión mecánica

La adhesión mecánica se basa en la unión física entre las superficies a través de dos modalidades: macro mecánica y micromecánica. La primera se utiliza en restauraciones que no dependen de la adhesión química, logrando la retención mediante diseños cavitarios adaptados para crear anclajes según se trate de restauraciones directas o indirectas. (16) En cambio, la adhesión micromecánica es el mecanismo de unión entre las restauraciones y el tejido dental, su eficacia depende de la humectación del sustrato por el material de fijación, de lo contrario compromete la adaptación entre ambas superficies. (17)

2.1.2.2 Adhesión química

La adhesión química se basa en el mecanismo de interacción directa de electrones o átomos entre las superficies en contacto, a través de enlaces covalentes o fuerzas de Van der Waals. (18) Los enlaces iónicos o covalentes que se generan entre el adhesivo y el sustrato dan resultado una unión sólida si se forma un compuesto en la zona de contacto. (19) Este tipo de unión contribuye al sellado de los túbulos dentinarios evitando la filtración siempre que la integridad del sellado se mantenga. (16)

2.1.3 Factores que influyen en la adhesión

2.1.3.1 Condiciones de la superficie dental

La adhesión al esmalte es estable y fuerte debido a su alto contenido inorgánico, que a diferencia de la dentina la adhesión resulta más compleja. La capacidad de la resina para unirse al esmalte y la dentina depende de la energía superficial y la humectabilidad del sustrato, factores que están directamente relacionados al nivel de mineralización lo que explica por qué la adhesión al esmalte es más predecible que en la dentina. (20)

La orientación de los prismas es también una condición, el esmalte aprismático presenta una capa superficial con una estructura más homogénea y menos porosa que dificulta un grabado efectivo lo que puede generar fugas influyendo en la calidad de la adhesión. En contraste, el

esmalte prismático ubicado en las capas más profundas presenta una organización más ordenada de sus prismas de hidroxiapatita convirtiéndose en una estructura más predecible y favoreciendo una mayor fuerza de unión. (20) (21)

La dentina combina una adhesión física y química en la que el adhesivo debe infiltrarse y envolver las fibras de colágeno, lo que resulta en un proceso complejo. (22) Debido a su alto contenido orgánico es esencial lograr una difusión del sistema adhesivo dentro de las fibrillas de colágeno y comprender el mecanismo de la dentina en el cual se forma la capa híbrida constituida por hidroxiapatita residual, disolventes, colágeno y monómeros de resina, que llevan al desarrollo de la retención micromecánica y la estabilidad de la interfaz resina-dentina. (23)

La adhesión ocurre cuando los minerales del tejido se sustituyen por monómeros de resina creando enlaces químicos o micro mecánicos, conocidos como la capa híbrida, en este proceso la matriz de colágeno desmineralizado facilita la infiltración de resina generando esta capa que mejora la unión a la dentina. Sin embargo, la durabilidad de la restauración depende de la estabilidad de la interfaz a lo largo del tiempo, por lo tanto, se han desarrollado materiales y protocolos que optimizan la adhesión y la efectividad del proceso. (24)

2.1.3.2 Propiedades de los materiales adhesivos

Las propiedades de los materiales adhesivos en odontología garantizan su rendimiento en la cavidad oral. Las propiedades físicas, como la baja tensión superficial, la alta humectación y un bajo ángulo de contacto facilitan la correcta adhesión del material a la superficie dental. Además, la estabilidad dimensional asegura que el material mantenga su forma ante variaciones térmicas y mecánicas, mientras que la resistencia mecánica le permite soportar las fuerzas de masticación. Por otro lado, las propiedades químicas como la resistencia adhesiva – cohesiva y la biocompatibilidad garantizan una unión fuerte y estable sin afectar los tejidos orales. (16)

2.1.3.3 Factores externos

La humedad representa uno de los factores externos más críticos que pueden comprometer la calidad de la adhesión, la interacción entre los sistemas adhesivos y las superficies dentales tanto en esmalte como en dentina depende en gran medida de un control preciso de la humedad durante el procedimiento. Así mismo, el tiempo de aplicación que a menudo se subestima en la técnica a pesar de su impacto significativo en el proceso adhesivo. (25)

Otro aspecto importante para considerar es la contaminación por fluidos como sangre, saliva o incluso residuos de aceite y agua provenientes de las conducciones de aire comprimido de los equipos. Estos elementos pueden alterar la energía superficial del esmalte o la dentina, por esta razón es necesario emplear un aislamiento correcto en lo posible con dique de goma. (26)

Así mismo, si el profesional desconoce el biomaterial que debe emplear, no dispone de la implementación adecuada, no capacita a su equipo de trabajo y carece de habilidades psicomotoras requeridas para su manejo, no podrá sacar provecho de manera efectiva ningún biomaterial intente utilizar. (16)

2.2 Técnicas de preparación de superficie para la adhesión

2.2.1 Grabado ácido

Desde que Buonocore, presentó en 1955 la idea de tratar químicamente el esmalte para alterar sus características superficiales y favorecer la adhesión de materiales restauradores, la odontología adhesiva ha experimentado una notable evolución. Este avance se debe a la relevancia de la adhesión, que no solo ayuda a contrarrestar las fuerzas generadas por la contracción de la resina durante su polimerización, sino que también mejora la retención y preserva la integridad marginal de las restauraciones dentales. (27)

En este contexto, el autor, demostró que el pretratamiento utilizando ácido fosfórico, era eficaz para mejorar la adhesión en las superficies de esmalte y dentina facilitando la unión de la resina a dichas superficies.

2.2.1.1 Beneficios

El ácido fosfórico aumenta la energía superficial y la humectabilidad del esmalte al modificar su topografía. Después su unión es simple mediante la difusión de la resina impulsada por fuerzas capilares y el entrelazamiento micromecánico en los microporos generados por el ácido. (28) Mientras que, en la dentina alteran su superficie al eliminar el barrillo dentinario, abrir los túbulos y exponer las fibrillas de colágeno, por lo tanto, mejora la permeabilidad y la humedad favoreciendo así la retención resina-dentina. (29)

El ácido fosfórico, en concentraciones de 30 y 40% y generalmente en forma de gel se utiliza para acondicionar la superficie de esmalte y dentina previo a aplicar los adhesivos dentales aumentando la humectabilidad, rugosidad y dureza de ambos tejidos. (30) Al grabar el esmalte, se elimina una capa de hasta 10 μm creando microporosidades entre 5-50 μm que favorece la adhesión. En la dentina, desmineraliza las zonas peri e intertubulares exponiendo una matriz rica en colágeno tipo I, además facilita la interacción del adhesivo con la red colágena expuesta y el sellado de los túbulos dentinarios. (27) (31)

2.2.1.2 Limitaciones

A pesar de sus beneficios en la adhesión dental, el grabado ácido presenta algunas limitaciones importantes que deben considerarse.

Durante el grabado selectivo del esmalte, existe el riesgo de que el ácido fosfórico contamine la dentina adyacente alterando su estructura y afectando la adhesión. Además, un tiempo

prolongado de grabado o un secado excesivo pueden provocar el colapso de las fibrillas de colágeno dificultando la infiltración del adhesivo en la capa híbrida. Finalmente, la exposición del colágeno en la dentina puede activar las metaloproteinasas de la matriz (MMPs), lo que conduce a la degradación de la capa híbrida y reduce la durabilidad de la unión adhesiva a largo plazo. (32)

2.2.2 Preparación con láser

La preparación dental desempeña un papel crucial en la práctica clínica, no obstante, los dispositivos habituales en este procedimiento como las turbinas de alta velocidad, generan ruidos causando molestias en los pacientes. A esto se suma el dolor derivado de la fricción mecánica y el calor producido durante el procedimiento, lo que hace necesario recurrir a anestesia local. Frente a estos desafíos, la incorporación de tecnología láser ha demostrado ser una opción prometedora para mejorar la experiencia del paciente y optimizar el procedimiento. (33)

Los láseres en odontología comparten el mismo principio básico de liberar energía para interactuar con los tejidos, pero su mecanismo de acción varía según el tipo de láser dependiendo de la longitud de onda y el tipo de pulso. En su mayoría funcionan de manera similar al Er: YAG emplea un proceso fototérmico, donde la energía láser es absorbida por el agua en los tejidos causando vaporación y separación de las partículas del diente. Además, para evitar daños térmicos en la pulpa dental, todos los láseres requieren un rociador de agua que ayuda a enfriar el área y prevenir quemaduras o carbonización. (34)

Una de las principales ventajas de los láseres es su capacidad para mejorar la resistencia del esmalte ante la desmineralización ácida, ya que modifica o altera la relación calcio-fosfato lo que favorece la formación de compuestos más estables y menos solubles en ácido. (35) Así mismo, durante la preparación de la cavidad con láser se evita la formación de capa de frotis, la apertura de túbulos dentinarios y micro irregularidades causadas por la eliminación de la dentina intertubular. Aunque el efecto del láser sobre la red de colágeno aún no se comprende completamente, se reconoce que puede generar cambios y microrrupturas en las fibras de colágeno. (36)

2.2.3 Abrasión de partículas con aire

2.2.3.1 Concepto y características

La abrasión por aire (APA) es una técnica de pretratamiento mecánico que crea microrugosidad superficial y una retención mecánica adicional. En la actualidad, este método se emplea principalmente en restauraciones de cerámica o composite para aumentar el área de unión y favorecer la adhesión en la dentina, y con ello mejorar los valores adhesivos. Por lo tanto, es imprescindible evaluar los efectos de este procedimiento sobre la fuerza de unión de diferentes agentes adhesivos en la dentina. (37)

La abrasión por partículas en el aire es un procedimiento altamente versátil y se ha utilizado para varias aplicaciones dentro de la odontología restauradora. Entre sus usos destacan la eliminación de placa dental, manchas superficiales y cálculo, así como la preparación mínimamente invasiva de lesiones cariosas y tratamientos de ortodoncia, todo ello mediante una técnica no rotativa para la remoción de tejido dental duro. (38)

2.2.3.2 Principales materiales abrasivos utilizados

Según la aplicación clínica, es posible emplear distintos tipos de polvos abrasivos, siendo uno de los más empleados el óxido de aluminio, disponible en tamaños de 30 y 50 micrómetros. (39) Se caracteriza por su estabilidad química, baja interacción con el agua, propiedades de flujo libre, ser incoloro y su amplia disponibilidad en el mercado que facilita su interacción en los procedimientos clínicos. (1)

Aunque la exposición a corto plazo al óxido de aluminio no genera riesgos para los pacientes, su inhalación prolongada puede causar problemas respiratorios e incluso fibrosis pulmonar en los profesionales de la salud. Para reducir estos riesgos es fundamental contar con el uso de equipos de protección personal, sistemas de ventilación eficientes y la implementación de diques de goma para limitar la dispersión de partículas en el aire. (40) Actualmente, la FDA de los Estados Unidos ha aprobado el uso clínico de partículas de alúmina de 27,5 μm , garantizando mayor seguridad en los procedimientos. (41)

Existen también partículas de óxido de aluminio recubiertas de sílice, estas no solo crean micro retenciones, sino que funden el sílice en la superficie Y-TZP haciendo a la cerámica de zirconio más reactivo al silano. (42)

Por otro lado, una alternativa es el vidrio bioactivo desarrollado inicialmente como material biocompatible para reemplazos óseos, aunque está disponible comercialmente su uso es limitado. Este material se emplea principalmente para el pulido dental y su tiempo de corte es entre 2 y 3 veces mayor en comparación a la alúmina. (43)

Así mismo, polvos menos abrasivos como el bicarbonato de sodio se destaca por su eficiencia en la eliminación de placa, manchas y limpieza de las superficies dentales. (44) El eritritol es más delicado con la superficie dental y es efectivo al eliminar la biopelícula. Por último, la glicina, es el compuesto menos abrasivo ideal para tratar superficies sensibles y en procedimientos subgingivales. (45)

2.2.3.3 Marcas comerciales de los dispositivos de abrasión por aire

En la actualidad se dispone de diversos dispositivos desarrollados por distintas casas comerciales, tales como equipos sin salida de agua es decir únicamente mediante aire comprimido y partículas abrasivas como el MicroEtcher IIA de Zest Dental Solutions y el EtchMaster de Groman Dental. (2) (46) Por otro lado, existen dispositivos que incorporan

un suministro de agua con el objetivo de reducir la dispersión del polvo, dentro de esta categoría se incluyen el PrepStart H2O de Zest Dental Solutions, el AquaCare de Velopex, el RONDOflex™ plus 360 de KaVo Kerr y el Bioclear Blaster de Bioclear. (46)

En el mercado hay disponibilidad de varios equipos, los sistemas independientes como el Prepstart H2O y AquaCare, funcionan con su propio suministro de aire comprimido y agua que permite regular la presión, el flujo de partículas y el caudal de agua, además su diseño incluye piezas de mano desmontables y esterilizables en autoclave, así como un pedal de activación. Por el contrario, los sistemas integrados como el RONDOflex plus 360, se conectan directamente al sistema de aire y agua de la unidad dental y al igual que los sistemas independientes, también disponen de componentes esterilizables. (47)

2.2.3.4 Ventajas y desventajas frente a otros métodos de tratamiento de superficie

- **Ventajas**

La técnica de abrasión por aire ofrece diversas ventajas, entre las cuales destaca la ausencia de presión, vibración o recalentamiento del diente durante su preparación, esto contribuye a reducir el miedo y la ansiedad del paciente. (48) Además, permite realizar preparaciones conservadoras de caries de esmalte, limpiar cavidades y aumentar la rugosidad en las superficies metálicas y cerámicas previo a la cementación. También mejora la retención en la reparación de compuestos a base de resina, incrementando la longevidad de las restauraciones de la cavidad oral e interrumpe el ciclo de reemplazos continuos promoviendo así mayor preservación de la estructura dental remanente. (49)

- **Desventajas**

Se destaca la pérdida completa de la sensación táctil durante la preparación de la cavidad, ya que la boquilla no entra en contacto directo con la superficie dental, sumado a la necesidad de que el operador anticipe la ubicación de los límites cavitarios antes de realizar el corte y aumenta el riesgo de una preparación excesiva. Además, las partículas de óxido de aluminio son efectivas para eliminar esmalte y dentina sanos, pero no logra remover de manera eficiente la dentina cariada debido a la menor dureza de este sustrato. Por último, presenta riesgos de inhalación de partículas tanto para el paciente como para el operador. (41)

2.2.3.5 Mecanismo de acción de la abrasión de partículas con aire

Existen múltiples marcas en el mercado, sin embargo, todas comparten un mecanismo similar, este dispositivo se encarga de separar los conductos de polvo y agua lo que permite un control exacto de ambos elementos. De esta manera, se genera una energía cinética efectiva que contribuye a obtener resultados favorables en el tratamiento, al impactar el agua y el polvo sobre la superficie se logra una máxima eficacia en el procedimiento y se minimiza la dispersión de aerosoles. (50)

Las partículas abrasivas golpean el diente a alta velocidad, removiendo pequeñas cantidades de estructura dental, la efectividad de este procedimiento está determinado por la dureza del tejido y los parámetros de funcionamiento del equipo. Además, varios factores como la presión del aire, el tamaño de las partículas, la cantidad de partículas que atraviesan la boquilla, así como el diámetro, el ángulo, la distancia al diente y el tiempo de exposición influyen en la cantidad de material que se elimina como la profundidad de penetración. (51) (50)

2.2.3.6 Efectos de la abrasión sobre la superficie dental y restauradora

La abrasión con aire con partículas de óxido de aluminio genera una serie de efectos sobre la superficie dental y restauradora que son clave para mejorar la adhesión. Esta técnica empleada en el tratamiento de caries dirige un flujo de partículas que al colisionar con el esmalte o la dentina liberan su energía cinética generando microfracturas de estas estructuras. (52)

La abrasión por aire crea una superficie rugosa y aumenta el área de superficie disponible para la adhesión mejorando la fuerza de unión a la dentina. Aunque este método no elimina la necesidad de grabado ácido, la capa superficial resultante se vuelve más delgada facilitando la penetración del ácido y favorece la formación de capas híbridas y fragmentos de resina. (53) Cabe recalcar que los tejidos blandos son resistentes a la técnica de abrasión por aire, por lo que, tanto el esmalte y la dentina reblandecidos permanecen intactos. (52)

Por otro lado, en materiales restauradores como el zirconio la abrasión por aire limpia y activa la superficie del material, mejorando la interacción micromecánica, aumentando la energía superficial y reduciendo la tensión en la cerámica, esto facilita la humectación del silano, agentes adhesivos o cementos autoadhesivos. (54) (55) Sin embargo, aunque este proceso mejora la adhesión al incrementar la rugosidad en la superficie tratada, otros autores han advertido que puede debilitar al provocar grietas generando estrés mecánico y provocar fracturas prematuras. (56)

2.2.3.7 Abrasión de partículas con aire en restauraciones directas

- **Reparación de resinas compuestas desgastadas**

La abrasión de partículas es clave en la reparación de restauraciones de resina envejecidas al mejorar la adhesión entre el material existente y el nuevo. Con el tiempo, estas restauraciones pierden la capa inhibida del oxígeno y se degradan por microgrietas y absorción de agua por lo que el acondicionamiento micromecánico es indispensable, la técnica provoca rugosidad superficial facilitando la adhesión entre las capas de resina, al combinar con silano y adhesivos multimodo maximiza la unión en la matriz de resina y las partículas de relleno. Estudios respaldan que junto con el grabado ácido mejora su durabilidad y efectividad de las reparaciones en resinas compuestas. (57)

2.2.3.7.1 Parámetros de abrasión por aire para restauraciones directas

Los parámetros de la abrasión por aire pueden variar dependiendo de la aplicación clínica específica, ya que no existe un protocolo universal establecido. Factores como el tamaño de las partículas, la presión, la distancia y la duración del procedimiento deben ajustarse a las necesidades del caso y a las características del material a tratar. Por ello, es esencial que el operador clínico o investigador comprenda cómo estos parámetros influyen en el proceso, ya que determinan la precisión y la eficacia en la preparación del tejido dental. (58)

- **Tamaño de partícula y presión**

Las partículas pequeñas son más fáciles de acelerar y controlar, aunque permite una eliminación precisa son menos eficaces para materiales gruesos o duros y requieren más tiempo para desgastar superficies en comparación con partículas de mayor tamaño. Por otro lado, una presión alta combinada con partículas grandes favorece una eliminación rápida del material, mientras que una presión baja con partículas pequeñas es ideal para trabajos precisos y con mínima remoción. (1)

La alúmina, con una densidad de 3,95 g/cm³ y partículas entre 30 y 90 μm cortan, eliminan residuos no deseados y aumenta la rugosidad de superficies como metales, cerámicas y resinas compuestas. Las partículas más grandes son más abrasivas y se emplean principalmente en entornos de laboratorio. (46)

- **Distancia y ángulo**

La distancia entre la boquilla y la superficie influye en la intensidad, si la boquilla está cerca de la superficie las partículas tienen un recorrido corto, lo que genera un impacto más fuerte y concentrado y la eliminación rápida del material, por el contrario, si está lejos se reduce la intensidad. El ángulo de impacto también es fundamental, un ángulo de 80-90° elimina material directamente debajo de la boquilla, mientras que un ángulo oblicuo lo hace a lo largo de una zona específica. (1)

- **Tiempo de tratamiento y velocidad de corte**

El tiempo depende de la cantidad de material a eliminar y del tipo de abrasión, en el corte dinámico el tiempo medido en segundos o minutos se ve influenciado por la velocidad de corte que varía según la dureza del material. La velocidad está determinada por la presión del aire comprimido. (1)

- **Parámetros recomendados según estudios**

Aunque no existe un parámetro universal, diversos estudios han sugerido valores recomendados:

- Una presión de aire recomendada oscila entre 60 y 80 psi y tiempos de exposición cortos alrededor de 5 segundos, que permiten modificar la superficie de la dentina sin causar alteraciones significativas. Teniendo en cuenta que las partículas de menor tamaño generan superficies más lisas y conexiones más resistentes, mientras que las

de mayor tamaño producen superficies más rugosas con resultados menos predecibles. (59)

- Otro estudio sugiere mantener una distancia de 4 a 5 mm entre la boquilla y la superficie del esmalte, ajustando el ángulo según la superficie a tratar: 60° para superficies lisas anteriores, 80° para superficies lisas posteriores y 90° para superficies oclusales. Además, se recomienda un movimiento circular constante, con un tiempo de exposición de entre 30 y 60 segundos y un caudal de partículas de 2,5 g/min. (58) (60)

La variabilidad en los parámetros de abrasión como la elección del material, tamaño de las partículas, presión del aire y los protocolos de tratamiento crea inconsistencias en los resultados de adhesión a la dentina. Esto resalta la necesidad de realizar una revisión sistemática de la evidencia disponible para establecer pautas que guíen la práctica clínica y minimicen los riesgos de resultados impredecibles. Además, la falta de protocolos estandarizados afecta la eficiencia y rentabilidad de los procedimientos de abrasión por aire lo que podría mejorar al abordar esta brecha en la literatura. (59)

2.2.3.8 Abrasión de partículas con aire en restauraciones indirectas

2.2.3.8.1 Preparación de Superficies de Restauraciones Indirectas

A finales del siglo XVIII, la cerámica comenzó a utilizarse en odontología como material restaurador debido a su capacidad para replicar tanto la forma como el color de los dientes naturales. Actualmente, en restauraciones dentales indirectas los principales tipos de materiales empleados son aleaciones metálicas, cerámicas puras y materiales compuestos basados en resina. (6)

El disilicato de litio es una vitrocerámica a base sílice altamente empleada en odontología por su alta resistencia y translucidez, sin embargo, su dureza y fragilidad limitan su tolerancia a la deformación y aumentan el desgaste en los dientes antagonistas. Para abordar esto, se han desarrollado materiales híbridos CAD/CAM, que combina la resistencia de la cerámica con la flexibilidad de la resina mejorando la durabilidad de las restauraciones. (61)

Las cerámicas de zirconio han ganado popularidad por su estética, biocompatibilidad y resistencia que a pesar de sus notables propiedades mecánicas siguen siendo limitadas las aplicaciones clínicas debido a su débil adhesión al cemento de resina en comparación a otras cerámicas. Esto se debe a que los métodos tradicionales de grabado con ácido fluorhídrico y el uso de silano, que funcionan bien en cerámicas a base de sílice, no son efectivos en el zirconio por su alto contenido cristalino y superficies libres de sílice. (62)

Por tal motivo, para la cementación de cerámicas de zirconio se recomienda la abrasión de partículas de alúmina combinada con cementos resinosos que contienen fosfato monomérico (10-MDP). (63)

Por otro lado, la abrasión por aire genera un cambio de la fase tetragonal a monoclinica, lo que se relaciona con dos efectos principales: el endurecimiento por transformación de fase (PTT) y la degradación a baja temperatura (LTD). El PTT incrementa la resistencia mecánica, mientras que el LTD deteriora gradualmente el material reduciendo sus propiedades mecánicas. (64) Sin embargo, se ha demostrado que, aunque la abrasión con partículas de aluminio induce esta transformación no compromete la estabilidad de las restauraciones de 3Y-TZP con el paso del tiempo. (65)

2.2.3.8.2 Parámetros de abrasión por aire para restauraciones indirectas

Si bien no se menciona explícitamente que estos parámetros sean los óptimos para la aplicación clínica, se destaca que funcionaron bien en contextos experimentales, es así que:

- **Metal**

Un estudio sugirió que, para obtener una mayor rugosidad superficial en las aleaciones de Ni-Cr es recomendable utilizar partículas de alúmina de 110 μm aplicadas a una presión de 75 psi durante 30 segundos y a una distancia de 20 mm. No obstante, se observó que variar el tiempo de aplicación o la distancia no tuvo un impacto significativo en la fuerza de la unión entre el metal y la cerámica, medida a través de la resistencia al cizallamiento. (66)

- **Zirconio**

Se menciona que la abrasión por aire utilizando partículas de aluminio de 50 μm a una presión de 0,25 MPa, con una distancia de operación de 10 mm, es eficaz para acondicionar la superficie cerámica de zirconio. (67) En un proceso similar, se aplican partículas de aluminio recubiertas de sílice, con un tamaño de 50 μm , a una presión de 30 psi durante 15 segundos con el dispositivo en una dirección perpendicular a la superficie y a una distancia de 30 mm. (68)

Otro estudio también sugiere emplear un tamaño de grano de 60 μm , que presentó un mejor desempeño, la presión en un rango de 0.20 MPa a 0.35 MPa dado que no se observaron diferencias significativas en la cantidad de partículas incrustadas al variar este parámetro. Estos valores pueden ser utilizados como referencia para optimizar el tratamiento superficial de zirconia ya que no hay un parámetro estándar establecido. (69)

2.2.4 Interacción con Sistemas Adhesivos

2.2.4.1 Compatibilidad con adhesivos de autograbado y grabado total

Estudios destacan que la abrasión con partículas de alúmina puede tener efectos adversos en los adhesivos autograbadores. Las partículas residuales de alúmina alteran la capa de desecho y dificultan la interacción química entre los monómeros adhesivos y la hidroxiapatita de la dentina impidiendo la formación adecuada de la capa híbrida. Esto se traduce en una reducción de la resistencia de unión, especialmente en la dentina, y subraya

la necesidad de considerar cuidadosamente el uso del APA en combinación con sistemas autograbadores. (70)

Así mismo, otras investigaciones refuerzan esta perspectiva de que la contaminación de las superficies dentales con métodos como el arenado o el recubrimiento con sílice disminuye la resistencia de unión de los adhesivos de autograbado. Estas técnicas pueden interferir en la interacción del adhesivo con la superficie dental comprometiendo la formación de una unión estable. Sin embargo, se observó que el uso de un primer universal no afecta significativamente la adhesión lo que sugiere que la selección de los agentes de acondicionamiento puede mitigar los efectos negativos en la adhesión autograbadora. (71)

Por el contrario, se menciona que, a diferencia de los sistemas de autograbado los sistemas de grabado y enjuague muestran mejores resultados cuando se emplea abrasión de partículas con aire especialmente al combinarse con grabado con ácido fosfórico sobre la dentina. Esto destaca la importancia de elegir correctamente el adhesivo, ya que el APA puede interferir con la formación de la capa híbrida, alterando su efectividad. (59)

2.2.5 Comparación de la abrasión de partículas con aire con otros métodos en distintos contextos clínicos

2.2.5.1 Láser vs. Abrasión de partículas con aire

La abrasión con aire y el láser Er:YAG son técnicas utilizadas para preparar la dentina y mejorar la retención de coronas metálicas cementadas con ionómero de vidrio. Los resultados de un estudio indican que el tratamiento con láser Er:YAG mejora significativamente la resistencia de unión en comparación con la dentina no tratada y la tratada con abrasión de aire. En contraste, la abrasión con aire no mostró un aumento significativo en la resistencia de unión lo que sugiere que el láser es una opción más efectiva para optimizar la adhesión en estos procedimientos. (72)

Así mismo, otro estudio que evalúa el efecto láser Er:YAG y el arenado con partículas de óxido de aluminio en la resistencia de unión entre la cerámica de recubrimiento y núcleos de zirconio. Los resultados muestran que el arenado produce una mayor rugosidad superficial y una resistencia al corte superior en comparación con el grupo control y el tratado con láser Er:YAG. Aunque el láser mejoró la resistencia de unión respecto al control, esta diferencia no fue estadísticamente significativa lo que concluye que el arenado es más efectivo que el láser para optimizar la adhesión en estos materiales. (73)

2.2.5.2 Grabado ácido vs. Abrasión de partículas con aire

Respecto a restauraciones cerámicas es necesario crear retención micromecánica mediante el grabado con ácido fluorhídrico o abrasión por aire con alúmina. La abrasión genera irregularidades por impacto mecánico, mientras que el grabado ácido disuelve selectivamente la fase de vidrio cerámico, siendo un procedimiento más controlado. La

abrasión crea una topografía más rugosa con respecto al grabado ácido, pero puede ocasionar grietas superficiales reduciendo la resistencia mecánica de las cerámicas. (74)

El zirconio por otra parte es hidrofóbico y tiene baja energía libre superficial, lo que dificulta su grabado con ácido fluorhídrico debido a su alta cristalinidad. Las concentraciones bajas y tiempos cortos de aplicación de ácido fluorhídrico no son eficaces, pero al aumentar la concentración y el tiempo se observan más irregularidades en la superficie del zirconio. (75) Por lo tanto, que el grabado con ácido fluorhídrico puede mejorar la resistencia al cizallamiento, como el pretratamiento con abrasión por aire, pero la concentración y el tiempo del ácido fluorhídrico deben aumentar (SBS). (76)

El grabado con ácido fosfórico al 37% es el método más efectivo para preparar el esmalte dental, ya que ofrece mayor resistencia al corte con respecto a la abrasión por aire con óxido de aluminio de 50 μm y 90 μm . El grabado ácido genera un patrón de disolución periférica en los prismas del esmalte favoreciendo la retención mecánica del adhesivo, mientras que la abrasión produce superficies más irregulares y con menor remoción de esmalte. Aunque la abrasión puede complementar el grabado ácido no es adecuada como técnica única en procedimientos que requieren una alta resistencia adhesiva. (77)

Otro estudio que evalúa la retención de selladores de fosas y fisuras coincide en que la combinación de ambas técnicas muestra resultados superiores en retención respecto al grabado ácido solo. Aunque la abrasión por aire es menos sensible a la técnica y reduce el tiempo de trabajo, los resultados sugieren que este paso adicional podría omitirse sin afectar la eficacia del procedimiento. En general, el grabado ácido sigue siendo la técnica preferida para garantizar una mejor adhesión y durabilidad de los selladores, aunque se requieren más estudios para evaluar su impacto en dientes primarios y otras variables clínicas. (78)

2.2.5.3 Microarenado y técnicas de plasma

El arenado es un método mecánico ampliamente empleado para mejorar la fuerza de adhesión en cerámicas como la Y-TZP. Este procedimiento utiliza partículas de alúmina proyectadas con aire con el fin de incrementar la rugosidad de la superficie, favoreciendo el anclaje micro mecánico y la adhesión con el cemento de resina. No obstante, este enfoque puede ocasionar daños en la superficie interna de la cerámica, lo que podría comprometer su éxito a largo plazo. (79)

El uso de plasma para tratar superficies cerámicas representa una innovación en odontología, este método aplicado a presión atmosférica puede ser térmico o frío. El plasma activa las capas atómicas de la superficie, creando grupos polares que mejoran la interacción con líquidos y fortalecen las uniones con los adhesivos, a diferencia de una superficie no tratado que carece de estos grupos. Aunque no modifica el aspecto externo, el tratamiento agrega anclajes polares que mejoran la adhesión, además, forma grupos carboxilo que aumentan la humectabilidad volviendo la superficie más hidrófila. (80)

Las restauraciones envejecidas carecen de una capa superficial de resina no polimerizada inhibida por el oxígeno lo que dificulta la adhesión entre compuestos, por ello, se han propuesto técnicas para mejorar la unión. El uso del plasma en estas restauraciones ha demostrado ser eficaz, ya que activa la superficie del material mejorando su humectabilidad y sus propiedades adhesivas. Este proceso ayuda a restaurar la resistencia de unión que se ve reducida con el paso del tiempo debido al desgaste y otros factores ambientales ofreciendo una solución avanzada para la reparación de restauraciones envejecidas y prolongando su durabilidad. (81)

2.2.6 Microfiltración y cizallamiento en el preacondicionamiento con abrasión por aire

Los resultados de un estudio mostraron que, en restauraciones con cemento de ionómero de vidrio, la abrasión por aire redujo la microfiltración en comparación con el uso de ácido poliacrílico. Sin embargo, en restauraciones con resina compuesta, no se observaron diferencias significativas en la microfiltración entre el preacondicionamiento con abrasión por aire y el grabado ácido. Estos hallazgos sugieren que la abrasión por aire es particularmente efectiva para mejorar el sellado marginal en restauraciones con ionómero de vidrio, pero su eficacia en resinas compuestas es comparable al grabado ácido. (82)

Se menciona también que la microfiltración es un factor crítico en la eficacia de los selladores dentales. Se mostraron resultados que el ácido fosfórico presentó menor microfiltración en comparación con el láser y la abrasión por aire, debido a su capacidad para crear una superficie micro retentiva ideal. Además, la combinación de ácido fosfórico con otras técnicas no ofreció ventajas significativas sobre su uso individual confirmándolo como el método más eficaz y práctico para minimizar la microfiltración en los selladores dentales. (83)

La abrasión por aire con óxido de aluminio combinado con primer, mejora significativamente la resistencia de esta unión entre el núcleo de zirconio y la porcelana de recubrimiento lo que es crucial para evitar fallas en las restauraciones durante su uso clínico. Además, el estudio subraya que los ciclos térmicos y mecánicos, que simulan las fuerzas y temperaturas del entorno intraoral no afectan significativamente la resistencia al cizallamiento destacando la importancia de seleccionar técnicas adecuadas para maximizar la longevidad y funcionalidad de las restauraciones cerámicas. (84)

CAPÍTULO III. METODOLOGIA

3.1 Tipo de Investigación

El trabajo de investigación presente es de tipo bibliográfico, debido a que se basa tanto en la recolección, análisis e interpretación sistemática y detallada de información de bases de datos, repositorios, artículos científicos, libros, informes, tesis entre otros. (85)

3.2 Diseño de Investigación

La presente investigación es de diseño no experimental y de corte transversal, ya que no se realizan manipulaciones deliberadas de las variables de estudio, sino que se observa y analiza cómo los fenómenos ocurren de manera natural, sin intervención directa. (86) Es de corte transversal porque los datos se recolectarán en un momento específico en el tiempo, sin seguir el desarrollo o los cambios a lo largo de un periodo. (87) (64)

3.3 Metodología prisma

3.3.1 Formulación de las preguntas

Como punto de partida para el desarrollo del estudio actual, se formuló la pregunta PICO (Población, Intervención, Comparación y Resultados): *¿Cuál es la efectividad de la abrasión de partículas con aire en el proceso de adhesión en restauraciones directas e indirectas?*, se identifica: población (P), artículos con la técnica de abrasión de partículas con aire en muestras de estructura dental humana, bovina o materiales dentales; intervención (I) Restauraciones directas e indirectas con método de abrasión de partículas con aire; comparación (C) Restauraciones directas e indirectas con otros métodos de preparación de superficie; resultados (R) Efectividad del uso de la abrasión de partículas con aire en restauraciones directas e indirectas.

3.3.2 Criterios de inclusión y exclusión

La búsqueda realizada mostro cierta cantidad de documentos, no obstante, se eligieron aquellos que cumplían con los criterios de inclusión, obteniendo de esta manera un número de datos manejable y significativo para la revisión sistemática.

Tabla 1. Criterios de selección para limitar la búsqueda

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Estudios descriptivos, observacionales y ensayos clínicos aleatorizados	Artículos publicados mayor a 10 años
Artículos en inglés y español	Estudios realizados por debajo del nivel gingival o en el conducto radicular
Textos completos y gratuitos	Estudios en dientes temporales
Artículos publicados los últimos 10 años	

Estudios con el uso de APA en dentina, cerámicas o composites para mejorar la adherencia a las estructuras dentales.

Fuente: Elaboración propia

3.3.3 Fuente de información y estrategia de búsqueda

La búsqueda de información se llevó a cabo recolectando datos de las bases científicas Pubmed, ProQuest y Scopus. La cadena de búsqueda se basó en las dos variables de estudio y dado que la mayor parte de información se encuentra en inglés se hizo uso de los términos MeSH/DeCS combinados con operadores booleanos como AND, OR y NOT en las diversas bases de datos. La sintaxis y los términos de búsqueda se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2. Estrategia de búsqueda

Cadena de búsqueda

((("tooth"[MeSH Terms] OR tooth OR "dentin"[MeSH Terms] OR dentin OR dentine) AND ("aluminum oxide"[MeSH Terms] OR "aluminum oxide" OR "aluminium oxide" OR "alumina powder" OR "glycine"[MeSH Terms] OR glycine OR "glycine powder" OR cojet OR "air abrasion, dental"[MeSH Terms] OR "air abrasion" OR sandblast* OR "air polishing") AND ("bond strength" OR "dentin bond strength" OR "microtensile bond strength" OR "shear bond strength" OR "microshear bond strength" OR "tensile bond strength" OR "dentin bonding agents"[MeSH Terms] OR bonding agents OR "dental bonding"[MeSH Terms] OR "adhesive interface") NOT (("ceramics"[MeSH Terms] OR ceramic OR "dental implants"[MeSH Terms] OR "dental implants" OR "orthodontic brackets"[MeSH Terms] OR "orthodontic brackets")))

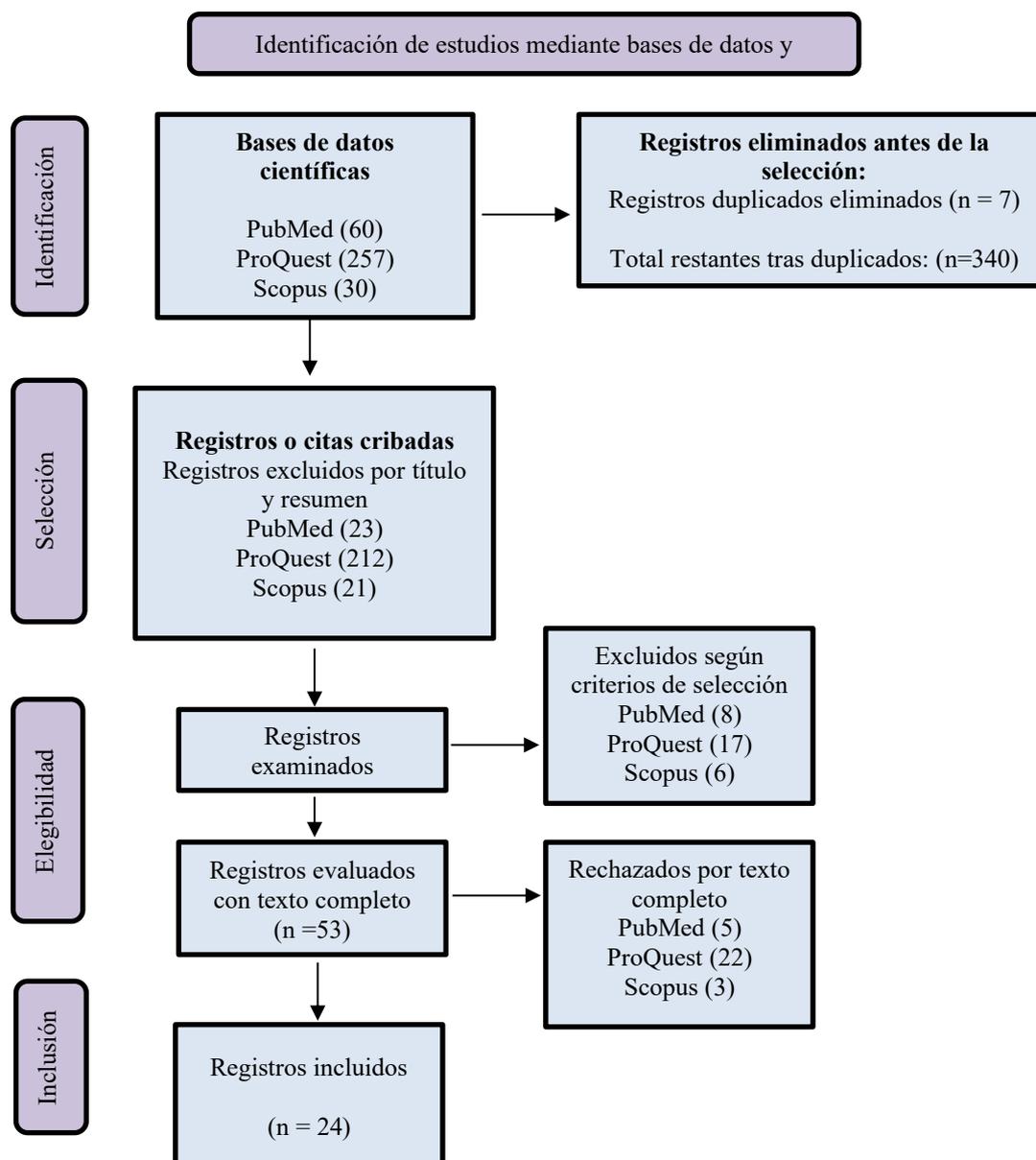
Fuente: Elaboración propia

3.3.4 Técnica de recolección de datos

Después de eliminar los duplicados, se identificaron 340 artículos. En la primera fase de selección, 256 artículos fueron descartados tras revisar de título y el resumen, dejando 84 para evaluación. Posteriormente, se excluyeron 31 registros según criterios de selección, reduciendo el número a 53.

De estos, 30 fueron eliminados tras el análisis de texto completo por no abordar la efectividad de la abrasión de partículas por aire en los procesos de adhesión. Como resultado final, 24 estudios fueron incluidos en la tabla de resultados y representados en el diagrama de flujo PRISMA.

Ilustración 1. Diagrama de flujo del proceso de selección de fuentes de información



Los artículos seleccionados según su calidad serán calificados como alta, moderada o baja, y evaluados mediante el método CRIS Guidelines, con el fin de garantizar la transparencia de los estudios experimentales in vitro utilizados en esta investigación. (88)

Tabla 3. Calidad de artículos según el método CRIS Guidelines

Título	Calidad	Justificación
Szerszeń et al (89)	Alta	Cumple con los criterios de calidad, tiene un diseño sólido, metodología reproducible, análisis estadístico fundamentado (ANOVA unidireccional, pruebas post hoc de Games-Howell y Scheffé, y Kruskal–Wallis) y presentación clara de resultados. (89)
Tamura et al (90)	Moderada	Presenta un diseño experimental controlado, metodología reproducible, técnicas validadas (SBS, SEM, EFS), análisis estadístico adecuado y una discusión bien fundamentada. Aunque no reporta aleatorización ni cegamiento, cumple con los criterios esenciales de transparencia y rigor científico. (90)
Levartovsky et al (91)	Alta	Presenta un diseño experimental controlado, metodología reproducible, caracterización detallada mediante SBS y SEM/EDS, análisis estadístico adecuado (ANOVA y Weibull), y una discusión sólida de resultados y limitaciones. (91)
Sutil et al (92)	Alta	Cuenta con diseño experimental controlado, metodología detallada y reproducible, uso de técnicas validadas (microtensile bond strength y análisis de patrón de fractura), análisis estadístico adecuado (ANOVA y Tukey) y una discusión fundamentada sobre resultados y limitaciones. (92)
Sinhoreti et al (93)	Alta	Presenta un diseño experimental controlado, metodología reproducible, uso de técnicas validadas (microtensile bond strength y confocal microscopy), análisis estadístico adecuado (ANOVA y Tukey) y discusión crítica de los resultados. (93)
Anja et al (94)	Moderada	Cumple bien en introducción, métodos principales, análisis estadístico y discusión. Sin embargo, tiene debilidades importantes al no reportar procedimientos de randomización, ocultamiento de asignación ni cegamiento de evaluadores, que son aspectos clave para evitar sesgos en estudios experimentales. (94)
Nihalani et al (95)	Moderada	Cumple en estructura, planteamiento del problema, recolección de datos y análisis. Sin embargo, no reporta procesos de aleatorización ni cegamiento del análisis. (95)
Zakavi et al (96)	Alta	Describe claramente el planteamiento, métodos reproducibles, controles, análisis estadístico apropiado y discusión crítica de los resultados, aunque no hay cegamiento reportado. (96)
Poggio et al (97)	Alta	Presenta un diseño experimental claro, con control adecuado de variables, métodos reproducibles, análisis estadístico detallado y una discusión crítica de los hallazgos y limitaciones. (97)

Falcon Aguilar et al (98)	Alta	Cumple con los criterios esenciales de calidad, tiene una hipótesis clara, metodología rigurosa, resultados bien presentados y discusión crítica, además de un manejo ético y transparente de su financiación. La ausencia de cegamiento no compromete su calidad. (98)
Shah et al (99)	Alta	Tiene aleatorización, cegamiento, muestra adecuada, intervención bien controlada y análisis estadístico detallado. (99)
Buyukerkmen et al (100)	Alta	Presenta un diseño experimental riguroso, análisis estadístico detallado, resultados bien interpretados y discusión crítica de limitaciones. Además, sigue lineamientos éticos y metodológicos sugeridos en estudios in vitro. (100)
Ghoveizi et al (101)	Alta	Tiene diseño experimental controlado, metodología detallada y reproducible, uso de técnicas validadas (microtensile bond strength y análisis de fallos), análisis estadístico adecuado (ANOVA de dos vías y Tukey) y una discusión fundamentada sobre los resultados y limitaciones del estudio. (101)
Rashidi et al (102)	Alta	Tiene un diseño experimental controlado, metodología detallada y reproducible, uso de técnicas validadas (microtensile bond strength y análisis de patrones de fractura), análisis estadístico (ANOVA de dos vías y Tukey) y una discusión fundamentada sobre los resultados y las limitaciones del estudio. (102)
Xin Yue et al (103)	Alta	Presenta un diseño experimental controlado, metodología detallada y reproducible (preparación estandarizada de muestras de zirconio Y-TZP, tratamiento de superficie y aplicación de primers MDP), uso de técnicas validadas (shear bond strength y análisis de patrón de fractura por SEM), análisis estadístico adecuado (ANOVA y Tukey) y discusión fundamentada sobre los resultados y limitaciones. (103)
Sharafeddin et al (104)	Alta	Tiene diseño experimental controlado, metodología detallada y reproducible (preparación de bloques de zirconia, arenado y aplicación de primers MDP como All-Bond Universal y Z-Prime Plus-), uso de técnicas validadas (shear bond strength y análisis de patrón de fractura con estereomicroscopía y SEM), análisis estadístico (ANOVA y Tukey) y una discusión sobre los resultados y las limitaciones del estudio. (104)
Kabiri et al (105)	Alta	Presenta un diseño experimental controlado, metodología reproducible (preparación de bloques de zirconio, tratamientos de superficie: sandblasting, triboquímico y láser Er:YAG), técnicas validadas (shear bond strength y termociclado previo),

		análisis estadístico adecuado (ANOVA) y discusión de los resultados. (105)
Wongkamhaeng et al (106)	Alta	Exhibe un diseño experimental controlado, metodología reproducible (preparación de discos de zirconio, aplicación de primers MDP y cementado con dos sistemas distintos con y sin tratamiento), uso de técnicas validadas (shear bond strength y SEM), análisis estadístico adecuado (ANOVA y Tukey) y discusión de los resultados y limitaciones del estudio. (106)
Masri et al (107)	Alta	Muestra un diseño experimental controlado, metodología reproducible (preparación de muestras de cerámica Cerec y VITA VM y aplicación de diferentes tratamientos superficiales), uso de técnicas validadas (shear bond strength), análisis estadístico adecuado (ANOVA y prueba Tukey) y una discusión fundamentada y crítica sobre los efectos de los tratamientos de superficie, limitaciones y comparación con literatura previa. (107)
Lankes et al (108)	Alta	Cuenta con diseño experimental controlado, metodología reproducible (discos de feldespato, disilicato de litio y zirconio, tratamientos de superficie), uso de técnicas validadas (TBS, SFE, Ra y SEM), análisis estadístico detallado (ANOVA, Scheffé post hoc, chi-cuadrado) y discusión crítica basada en los resultados y limitaciones como la posibilidad de daño estructural. (108)
Egoshi et al (109)	Alta	Incluye un diseño experimental controlado, metodología detallada y reproducible, uso de técnicas validadas (shear bond strength, medición de ángulo de contacto, observación de modos de falla mediante microscopía óptica y SEM), análisis estadístico adecuado (Steel-Dwass y Wilcoxon tests) y una discusión que incluye interpretación crítica de los resultados, comparación con literatura previa y limitaciones experimentales. (109)
Ye Xin Yi et al (110)	Alta	Presenta un diseño experimental controlado, metodología reproducible (preparación de muestras de zirconia, aplicación de tratamientos de superficie: CAP, arenado, aplicación de primer MDP), uso de técnicas validadas (shear bond strength, Ra, ángulo de contacto, XPS, análisis de modos de fractura mediante microscopía óptica), análisis estadístico adecuado (ANOVA unidireccional, Tukey post hoc) y una discusión crítica, comparación con tratamientos convencionales y análisis de limitaciones relacionadas con la durabilidad del tratamiento. (110)
Poskus et al (111)	Alta	Tiene un diseño experimental controlado, metodología reproducible, uso de técnicas validadas (push-out bond

		strength test, análisis de modos de fractura mediante estereomicroscopía y SEM para evaluación topográfica), análisis estadístico adecuado (Kruskal Wallis y Mann–Whitney U) y una discusión crítica en los resultados, interpretando efectos de cada tratamiento y limitaciones experimentales. (111)
Ali Alghamdi et al (112)	Alta	Exhibe un diseño experimental controlado, con una metodología replicable (preparación de resina CAD/CAM tratados mediante arenado con óxido de aluminio y cementados a dentina bovina), métodos para evaluar adhesión (microtensile bond strength test y SEM), análisis estadístico (ANOVA y Bonferroni) y una discusión e interpretación crítica de resultados y limitaciones experimentales. (112)

Del total de estudios in-vitro encontrados se evaluaron mediante el método CRIS y se clasifico según su calidad en alta, moderada y baja. De los cuales 21 fueron considerados de alta calidad y 3 calidad moderada. Todos los artículos fueron incluidos en la investigación ya que aportan información importante el desarrollo del estudio.

Además, para la extracción de datos de los artículos seleccionados se elaboró un formulario y se registró la información en una tabla de Excel, incluyendo datos como el título, autor(es), resumen, DOI, año de publicación, ISSN y un check list para clasificar los estudios in vitro según su enfoque en humanos, animales o materiales dentales. Esto con el objetivo de minimizar errores que pueden influir en los resultados del estudio y afectar la validez y precisión de los hallazgos. Se presenta en el apartado de anexos.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS

Se identificaron 24 artículos que analizan la efectividad de la abrasión de partículas con aire en la adhesión de restauraciones directas e indirectas. Todos los estudios fueron in vitro publicados entre el año 2014 y 2025 y elegidos con base a los criterios de selección.

Es importante tener en cuenta la complejidad de la adhesión y la cantidad de tratamientos en la actualidad que buscan mejorarla. Por tal motivo, en el presente estudio se busca investigar en base al análisis de artículos científicos la efectividad de la abrasión de partículas con aire (APA) como método de pretratamiento para mejorar la fuerza de unión.

Tabla 4. Recuperación de datos de los estudios in-vitro

Autor y año	Población	Parámetros	Comparación	Resultado	Tipo de restauración	Protocolo de envejecimiento
Szerszeń et al (88), 2020	Terceros molares humanos n =90 3 grupos	APA con AL ₂ O ₃ de 27 y 50 µm	Sin APA (control)	SBS I: óxido de aluminio (27 µm): 6,25 MPa y (50 µm): 6.121 MPa C: Sin APA: 2.911MPa	Indirecta	Ninguno
Tamura et al (89), 2017	Incisivos de ganado vacuno 3 grupos	APA con glicina o bicarbonato de sodio, a 5 mm por 10 s.	Sin APA (control)	SBS I: glicina: 27.2–32.9 MPa y bicarbonato: 23.9–29.4 MPa C: Sin APA 31.3–35.8 MPa	Directa	Ninguno
Levartovsky et al (91), 2023	Molares humanos n= 46 4 grupos	APA con óxido de aluminio recubiertas con sílice (30 µm) + Adhesivo Scotchbond Multi-Purpose (SCMP) o Clearfil SE Bond (CLSE). Distancia 10 mm, presión 80 psi, tiempo 15 s	Sin APA (control)	I: Abrasión por aire + Clearfil SE: 22.58 MPa C: Abrasión por aire - Clearfil SE: 21.33 MPa I: Abrasión por aire + Scotchbond: 17.48 MPa C: Abrasión por aire -Scotchbond: 14.33 MPa	Directa	Ninguno
Sutil et al (91), 2017	Terceros molares humanos n= 96 8 grupos	APA con bicarbonato de sodio u óxido de aluminio (50 µm) + Adhesivo Universal Scotchbond en modo (SE) y (ER) a 20°C y 37°C	Sin APA (control) Adhesivo universal Scotchbond a 20°C y 37°C	I: APA con bicarbonato de sodio + Scotchbond (SE): 65,45 MPa I: APA con bicarbonato de sodio + Scotchbond (ER): 51.44 MPa I: APA con óxido de aluminio (50 µm) + Scotchbond (SE): 49,67MPa	Directa	Ninguno

				I: APA con óxido de aluminio (50 μ m) + Scotchbond (ER): 55,08MPa		
Sinhoreti et al (92), 2015	Terceros molares humanos	SE + APA con Bioglass ER + APA con Bioglass	SE y ER sin APA	TBS I: SE+APA con Bioglass: 33.19 MPa I: ER+APA con Bioglass: 33,36 MPa C: SE sin APA con Bioglass: 36,79 MPa C: ER sin APA con Bioglass: 45,98 MPa	Directa	Ninguna Se almacenaron en agua 24 h a 37 °C
Anja et al (93), 2015	Terceros molares n= 36 3 grupos	APA con óxido de aluminio (50 μ m)	Sin APA (control)	I: APA con óxido de aluminio: 35.8 MPa C: Sin APA: 35.3 MPa	Directa	Ninguna Agua destilada por 24 horas a 37°C
Nihalani et al (94), 2014	Premolares humanos n= 49	- Ácido fosfórico 37% - APA con óxido de aluminio (50 μ m)	Sin tratamiento (control)	I: APA con Al ₂ O ₃ : > profundidad de penetración del adhesivo (153,70 \pm 10,23), I: Ácido fosfórico 37%: (122,71 \pm 12,25) C: sin tratamiento (77,12 \pm 6,37).	Directa	Ninguna
Zakavi et al (95), 2023	Muestras de ionómero de vidrio modificado con resina (RMGI)	- Ácido fosfórico al 37% por 15 s - APA con óxido de aluminio (30 μ m) - Desgaste con fresa	Sin tratamiento (control)	SBS - APA con Al ₂ O ₃ (30 μ m): 28.4000 MPa - Desgaste con fresa: 25.1000 MPa - Láser Er: YAG: 18.0200 MPa	Directa	Termociclado de 5000 ciclos

	n= 72 6 grupos	- Láser Er: YAG - Láser Er, Cr: YSGG		- Láser Er, Cr: YSGG: 17.2200 MPa		
Poggio et al (96), 2017	Incisivos mandibulares bovinos n= 150 3 grupos	- Ácido fosfórico al 37% durante 15 s (grabado total) - APA con glicina	Sin tratamiento (control)	I: Ácido fosfórico: G-Premio BOND 8.717 MPa I: APA con glicina: G-Premio BOND 12.95 MPa C: Control: Futurabond 10.71 MPa	Directa	Ninguno
Falcon Aguilar et al (97), 2024	Terceros molares humanos n=72 9 grupos	APA + PhoA (5 s o 10s) APA + PhyA (5 o 10 s)	APA sin grabado ácido	Fuerza de unión I: APA + PhoA: (5s) 73,25 ±12,98 y (10 s) 56,39 ±11,27 MPa I: APA + PhyA: (5s) 60. 01 (±7.52) y (10s) 59,85 ±11,12 MPa C: APA: (5s) 61,34 ±14,53 y (10s) 43,08 ±13,46 MPa	Directa	Ninguno
Shah et al (98), 2023	Dientes anteriores humanos n= 40	APA con óxido de aluminio (50 µm) + Ácido fosfórico	Ácido fosfórico al 37% (control)	I: APA + Ácido fosfórico: 19.57 MPa C: Ácido fosfórico: 13.34 MPa	Directa	Termociclado (5000 ciclos)
Buyukerkmen et al (99), 2022	Molares mandibulares humanos n= 80 2 grupos	APA con óxido de aluminio (50 µm) APA con óxido de aluminio (50 µm) + Láser Er:YAG	No menciona grupo control	PBS I: APA + ferrule 2 mm + MDP: 925,9 ± 260,2 I: APA + Láser Er:YAG + ferrule 2 mm + MDP: 1095,9 ± 138,8A	Indirecta	Termociclado (5 °C a 55 °C)
Ghoveizi et al (100), 2021	Discos de zirconio n= 75 5 grupos	- APA con óxido de aluminio (50 µm) - Láser Nd:YAG (2 W, 2,5 W y 3 W)	Sin tratamiento superficial (control)	Fuerza de unión I: APA con óxido de aluminio (50 µm): 13.2114 MPa	Indirecta	Termociclado (2000 ciclos, 5-55 °C)

				I: Láser Nd:YAG: 9.6207 MPa (2W), 10.8786 MPa (2,5W) y 10.3836 MPa (3W) C: Sin tratamiento: 3.7987 MPa		
Rashidi et al (101), 2022	Bloques de resina compuesta microhíbrida n= 8 4 grupos	- APA con óxido de aluminio (50 µm) - Desgaste con fresa grano fino (40 µ) - Láser Er: YAG: Clearfil SE Bond All-Bond Universal	Sin tratamiento (control)	MTBS APA con Al ₂ O ₃ (50 µm): 25,1 + 6 MPa Desgaste con fresa: 16.94 ± 3.56 MPa Láser Er:YAG: 26,16 ± 4,7 MPa	Directa	Envejecimiento en la cámara Xenotest durante 150 horas a 55°C y 100% de humedad y a una lámpara de xenón
Xin Yue et al (102), 2019	Muestras de circonio n= 90 6 grupos	- APA con óxido de aluminio (50 µm) - APA + cebador de zirconio estabilizado con Yttria Ivoclar Vivadent - APA + imprimación Z-Prime Plus MDP - Sin tratamiento ni cebador	Sin grupo control	SBS APA: 8,37±1,2 MPa (24h) 6,04±0,6 MPa (14 días) APA+cebador de zirconio: 9,83±2,1 MPa (24h) 7,34±1,3 MPa (14 días) APA+Z-Prime Plus: 14,56±2,6 MPa (24h) 12,97±1,8 MPa (14 días) Sin tratamiento: 3,97±0,9 MPa (24h) 1,9±0,4 MPa (14 días)	Indirecta	Ninguno
Sharafeddin et al (103), 2018	Bloques de circonio n= 30 3 grupos	- APA + All-Bond Universal - APA + Z-Prime Plus	Sin cebador (control)	I: APA+All-Bond Universal: 17,51±1,34 MPa I: APA+Z-Prime Plus: 22,45±3,60 MPa C: Sin cebador: 7,58±1,62 MPa	Indirecta	Ninguno

Kabiri et al (104), 2021	Bloques de circonio n= 135 9 grupos	- APA con óxido de aluminio (50 µm) - Triboquímico con partículas recubiertas de sílice - Láser Er:YAG	Sin grupo control	SBS I: APA: 6.96 MPa I: Triboquímico: 8.10 MPa I: Láser: 4.83 MPa	Indirecta	Termociclado (1000 ciclos a 5-55 °C)
Wongkamhaeng et al (105), 2025	Bloques de circonio de alta translucidez	APA con Al ₂ O ₃ (50 µm) + Scotchbond Universal Plus APA con Al ₂ O ₃ (50 µm) + Panavia V5 Tooth Primer + Panavia V5 APA con Al ₂ O ₃ (50 µm) + Panavia V5 Tooth Primer + resina RelyX TM Universal APA con Al ₂ O ₃ (50 µm) + Clearfil Ceramic Primer Plus + Panavia V5 APA con Al ₂ O ₃ (50 µm) + Clearfil Ceramic Primer Plus + resina RelyX TM Universal	Sin APA (UR, CP, A-UR y A-CP)	Fuerza de unión Scotchbond Universal Adhesives + Panavia V5: (9,66 ± 2,00 MPa) , Tooth Primer+Panavia V5 (8,47 ± 2,08 MPa). Con Clearfil Ceramic Primer+Panavia V5 (5,35 ±1,00 MPa), con Tooth Primer + RelyX TM Universal (5,37 ± 0,78 MPa) y el adhesivo universal Scotchbond +RelyX TM Universal (6,84 ± 1,38 MPa)	Indirecta	Ninguno
Masri et al (106), 2019	Molares humanos inferiores n= 90	- APA con Al ₂ O ₃ (50 µm) - HF al 0,9 x 4 min	No menciona grupo control	SBS - APA: Cerec 4.33 Mpa, E – max 4.93 MPa, VITA VM7 6.00 MPa.	Indirecta	Ninguna

	3 grupos 3 subgrupos	- APA con Al ₂ O ₃ (50 μm) + HF al 0,9 x 4 min		- HF: Cerec 8.01 Mpa , E – max 6.64 MPa , VITA VM7 6.34 MPa . - APA + HF: Cerec 7.43 Mpa, E – max 6.45 MPa, VITA VM7 5.43 MPa.		
Lankes et al (107), 2024	3 cerámicas: - Feldespato - Disilicato de litio - Circonio (3Y-TZP)	- APA con Al ₂ O ₃ (25 y 50 μm), presión 0,05 MPa. - APA con Al ₂ O ₃ (25 y 50 μm), presión 0,1 MPa. En FEL, LiSi y ZrO ₂	FEL + HF 9% HF por 60 s LiSi + HC 9% HF por 20 S	TBS - APA: ZrO ₂ valores más alto que FEL y LiSi (35.4-49.5 MPa). - LiSi envejecido (0,1 MPa): 18,7 ± 9,0 MPa.	Indirecta	10.000 ciclos térmicos entre 5 °C y 55 °C
Egoshi et al (108), 2019	Muestras de (Ce-TZP) n= 160 4 grupos	APA + Plasma de descarga luminiscente	Sin APA / plasma APA sin plasma Sin APA / sin plasma	Fuerza de unión Sin APA/Plasma, APA/Sin plasma y APA/Plasma: > fuerza de unión (2,3 a 30,0 MPa)	Indirecta	Termociclado (10 000 ciclos)
Ye Xin Yi et al (109), 2022	Muestras de circonio n= 60 6 grupos	ZrT-A: APA con Al ₂ O ₃ (50 μm) ZrT-AM: APA (50 μm) + MDP ZrT-P: CAP (Plasma atmosférico frío) ZrT-PM: CAP + MDP	Sin tratamiento (control) ZrT-M: MDP	I: APA: 11,52 ± 0,98 MPa I: APA + MDP: 12,62 ± 0,74 MPa I: CAP: 17,47±0,94 MPa I: CAP + MDP: 23,00±0,79 MPa C: MDP: 13,85 ± 1,01 MPa Después del termociclado: Solo ZrT-PM (plasma + MDP) mantuvo la resistencia más alta (19.92 ± 0.87 MPa)	Indirecta	Termociclado (5.000 ciclos)
Poskus et al (110), 2015	Dientes bovinos n= 150	- APA con Al ₂ O ₃ (50μm) - APA con Al ₂ O ₃ (50μm) + silano	Sin tratamiento (control)	BS - APA: 9.90 MPa - APA + silano: 10.18 MPa	Indirecta	Ninguno

		- APA con Al ₂ O ₃ (50μm) + HF - APA con Al ₂ O ₃ (50μm) + HF + silano		- APA+ HF: 9.37 MPa APA + HF + Silano: 4.68 MPa		
Ali Alghamdi et al (111), 2019	Incisivos bovinos	APA con Al ₂ O ₃ (50 μm), a presión de 0.1 o 0.2 MPa y tiempo transcurrido después del arenado (S o W)	Sin APA (control)	μTBS I: APA con Al ₂ O ₃ (50 μm), presión 0.1 MPa, (S): 47.3 MPa y (W): 41.0 MPa I: APA con Al ₂ O ₃ (50 μm), presión 0.2 MPa, (S): 44.4 MPa y (W): 39.4 MPa C: Sin tratamiento (S): 42.5 MPa y (W): 26.9 MPa.	Indirecta:	Ninguno

APA: Abrasión por aire, SE: Autograbado, ER: Grabado y enjuague, PBS: Resistencia de unión por extracción, S: Mismo día, W: Una semana después, μTBS: Resistencias de unión a micro tracción, MTBS: Resistencia de unión a la micro tracción, HF: Ácido fluorhídrico, PhoA: Ácido fosfórico, PhoyA: Ácido fítico, FEL: Feldespato, LiSi: Disilicato de litio, Ra: rugosidad superficial, SBS: Resistencia al cizallamiento

Nota: los valores en **negrita** son los datos más altos registrados en los estudios.

De los artículos incluidos, se obtuvieron 24 artículos de estudios in-vitro que reportan diferentes tratamientos de superficie y por lo tanto diferentes resultados de fuerza de unión.

Del número total de artículos se reporta que: 2 estudios evalúan las partículas de bicarbonato de sodio (89) (91), 2 estudios con partículas de glicina (89) (96), 1 estudio con vidrio bioactivo (Bioglass 45S5) (92), 1 estudio con partículas de óxido de aluminio modificado con sílice (91) y 21 estudios con partículas de óxido de aluminio utilizando diferentes tamaños 25 um (107), 27 um (88), 30 um (95), 50 um (88,91,93,94,97,98,99,101,102,103)-(104,105,106,107,108,109,110,111)

Varios estudios compararon la abrasión por aire con otros métodos de acondicionamiento. El grabado ácido se encuentra en 5 artículos: con ácido fosfórico (94,95,96) y ácido fluorhídrico (106,107). Con irradiación láser 5 artículos Er:YAG (95,101,104), Er, Cr:YSGG (95), Nd:YAG (100). Con desgaste con fresa 2 artículos (95,101). Con plasma 2 artículos, se utilizó plasma de descarga luminiscente (108) y plasma atmosférico frío (109), con triboquímico con partículas recubiertas de sílice 1 artículo (104) y la abrasión por aire en 10 artículos (88,91,93,94,95,99,100,111,101,102)

En varios de los artículos también se encontró la combinación de tratamientos de superficie, estas combinaciones fueron: APA + ácido fosfórico (97,98), APA + ácido fítico (97), APA + Láser Er:YAG (99), APA + ácido fluorhídrico (106,110), APA + Plasma de descarga luminiscente (108).

Del número total de artículos, 11 son en restauraciones directas y 13 en restauraciones indirectas. De estos se menciona materiales como el zirconio (99,100,103,104,105,108,31), disilicato de litio (106,107) feldespatos (106,107), resina compuesta (101,102,110), Resina CAD/CAM (111) y sustratos dentales como el esmalte (98) y la dentina. (89,90,91,92,93,94,96,98)

Los estudios también mencionan que usaron primer con MDP (102,103,105,99), silano (110) y adhesivos universales (91,92,102,106)

4.2 DISCUSIÓN

Los fallos en la adhesión siguen siendo un desafío constante en odontología restauradora especialmente en la dentina, por lo que la abrasión de partículas con aire (APA) ha sido ampliamente investigada. El objetivo de esta investigación fue resaltar la influencia de la abrasión por aire en los valores adhesivos de restauraciones directas e indirectas.

Según los datos analizados, Tamura et al., menciona que la abrasión por aire con partículas de bicarbonato de sodio y glicina disminuyó la resistencia de unión entre la dentina y el adhesivo. (89) Por el contrario, otros estudios muestran resultados divergentes, pues Sutil et al, menciona que el pretratamiento de la dentina con bicarbonato de sodio aumentó la fuerza de unión, podría explicarse a que su protocolo incluyó un lavado prolongado mediante un flujo de aire y agua por el doble de tiempo tras la abrasión eliminando partículas residuales que pueden actuar como contaminante de la superficie. (91) Poggio et al, indica que con partículas de glicina no se evidenció diferencias significativas en los valores de adhesión, excepto con el sistema adhesivo G-Premio Bond, que aumentó su resistencia adhesiva y lo asocia a su bajo pH, aunque aún se desconoce la influencia de esta característica en la adhesión. (96)

Las partículas de Bioglass 45S5, Sinhoreti et al, mencionan que, aunque induce la formación de hidroxiapatita, protege el colágeno dentinario y mejora la calidad de la capa híbrida al generar, la resistencia de unión no aumentó con técnica de autograbado y, de hecho, redujeron con grabado total. Lo que sugiere que la estabilidad de la capa híbrida es un factor clave en la adhesión, pero no el único determinante. (92)

Levartosky et al, por su parte sostiene que la abrasión por aire con partículas de alúmina recubiertas de sílice no parece influir en la fuerza de unión a la dentina, aunque se evidencia que el sistema adhesivo Clearfil SE de sexta generación de autograbado muestra mayor fuerza de unión. Esta diferencia puede atribuirse a que los adhesivos autograbantes causan menor alteración de la dentina preservando mayor cantidad de hidroxiapatita residual en la capa híbrida, que actúa como un receptor de monómeros funcionales como el 10 MDP. (91)

No obstante, Anja et al, menciona que la rugosidad superficial de la dentina obtenida tras la abrasión con partículas de óxido de aluminio de 50 μm , no aumentó la resistencia de unión microtensiva de un adhesivo de autograbado de un solo paso. (93) Por el contrario, Szerszén et al, mencionan que la abrasión con partículas de óxido de aluminio de 27 y 50 μm aumentaron la fuerza de unión entre la dentina y el cemento autoadhesivo, sin embargo, la mayor resistencia al cizallamiento se mostró con las partículas de menor tamaño. (88)

No se ha establecido un protocolo estándar para la abrasión por aire, por lo que la variación en los resultados puede relacionarse a parámetros como el tamaño y tipo de partícula, distancia, presión, ángulo y las características del sustrato. Para evitar daños en la superficie tratada diversos autores como Szerszén et al, Buyukerkmen et al, Wongkamhaeng et al y Falcon Aguilar et al, recomiendan partículas entre 30 y 50 μm a una distancia de 10 mm, una

presión de aire entre 60 y 80 psi y un tiempo de exposición de 20 segundos en zirconio, mientras que en dentina 5 segundos. (88) (97) (99) (105)

Sin embargo, Lankes et al y Kabiri et al, mencionan que la presión aplicada no parece tener un efecto determinante en los valores de fuerza de unión ya que no mostraron diferencias significativas al comparar presiones normales, bajas y altas. (104) (107)

Falcon Aguilar et al, encontró que la abrasión por aire con óxido de aluminio seguido de ácido fosfórico mejoró la fuerza de unión entre la dentina - resina con grabado y enjuague de un adhesivo universal, ya que el ácido fosfórico remueve el smear layer y restos de partículas de óxido de aluminio exponiendo los túbulos dentinarios y mejorando la capa híbrida al aumentar la infiltración del adhesivo. (97) De manera similar, en el esmalte Shah et al, señala que esta combinación presentó valores de resistencia al cizallamiento más altas, al hacer la superficie más rugosa y eliminar impurezas permitiendo mayor anclaje del adhesivo. (98)

En restauraciones de ionómero de vidrio, estudios como el de Zakavi et al y Nihalani et al, coinciden en que el pretratamiento de abrasión por aire del ionómero de vidrio modificado con resina (RMGI) aumentan la fuerza de unión de la resina compuesta, al crear microporosidades permitiendo la formación de micro etiquetas de resina para el agente adhesivo y la resina. (94) (95) Por otra parte, Nihalani et al, también menciona que el grabado con ácido fosfórico en el cemento de ionómero de vidrio modificado con resina (RMGIC) antes de la colocación de la resina compuesta no mejoró la capacidad de sellado de las restauraciones con técnica sándwich a diferencia de la abrasión por aire que resultó ser más eficaz. (94)

Otros estudios concuerdan que la abrasión por aire es superior en relación al láser como pretratamiento, Ghoveizi et al y Kabiri et al, respaldan que la resistencia al cizallamiento (SBS) fue mayor con abrasión por aire al causar el nivel más alto de rugosidad en la superficie del zirconio. (100) (104) Sin embargo, Kabiri et al, también menciona que, Z-Prime Plus después del pretratamiento triboquímico tuvo mayor SBS que la abrasión por aire y Z-Prime Plus, aunque esta diferencia no fue significativa. (104)

Por el contrario, Buyukerkmen et al, señala que abrasión por aire sola no resulta ser tan efectiva como su combinación con irradiación láser Er:YAG que mostró mayor resistencia de unión por extracción en endocoronas monolíticas de zirconio con férula de 2 mm y cementadas con un agente a base de resina después de un primer con monómeros funcionales de MDP, su uso se recomienda debido a que el zirconio contiene óxidos metálicos. (99)

La reparación de restauraciones de composite defectuosas es un reto debido a la ausencia de la capa inhibida por el oxígeno, las alteraciones del pH y la degradación física y química. (101)

En este contexto, el láser Er:YAG y abrasión por aire resultaron ser efectivos pues no se encontró diferencias en la resistencia a la microtracción, a diferencia del desgaste con fresa que fue menor. Rashidi et al, menciona que la mayor fuerza de unión se registró con All-Bond que podría atribuirse a su menor viscosidad y por lo tanto una mejor humectación y penetración del adhesivo. Además, los sistemas adhesivos que contienen MDP, activan el agente de acoplamiento del silano, mejorando la adhesión en composites. (101)

Lo que concuerda con el estudio de Poskus et al, en el que menciona que la combinación de abrasión por aire junto con silano los valores de resistencia adhesiva son más altos en composites de resina indirecta. (110)

Estudios coinciden en que el tratamiento con plasma y la abrasión por aire (APA) influyen en la adhesión del zirconio, aunque con diferencias en su impacto sobre la superficie y la resistencia de unión.

Ye Xin-Yi et al, cuestiona que la abrasión por aire con óxido de aluminio sea el pretratamiento más efectivo para el zirconio. En su estudio observó que, aunque genera rugosidad e irregularidades que favorecen la penetración del cemento de resina, también evidenció la formación de defectos superficiales que pueden debilitar las propiedades mecánicas del material. El autor afirma que el plasma es más efectivo, ya que mejora la humectabilidad del zirconio sin alterar su morfología o rugosidad superficial, además la resistencia de unión entre el zirconio y el cemento de resina fue más alta en comparación a la abrasión por aire. (109)

Mientras que Egoshi et al, no concuerda con esta idea y señala que el tratamiento con plasma por sí solo no incrementa la resistencia de unión, sin embargo, la combinación de abrasión por aire y plasma mejora significativamente la resistencia de unión del cemento resinoso al zirconio al lograr un efecto sinérgico que optimiza la adhesión. Es decir que la abrasión por aire mejora la rugosidad superficial con micro retenciones que favorece la adhesión mecánica, mientras que el plasma genera grupos funcionales oxigenados en la superficie aumentando la humectabilidad y eliminando contaminantes que optimiza la adhesión química. (108)

Además, estos autores coinciden con Kabiri et al y Büyükerkmen et al, que respaldan que los monómeros de 10-MDP mejoran el rendimiento de unión del zirconio al aumentar la humectabilidad de la superficie y favorecer la interacción fisicoquímica mediante la formación de enlaces entre el zirconio y el grupo fosfato (Zr-PO). (99) (104) Así mismo Sutil et al, menciona que su efectividad radica en la baja solubilidad de la sal de calcio en la hidroxiapatita que permite que los sistemas adhesivos universales generen un enlace químico entre los grupos carboxílicos o fosfatos del monómero MDP y los cristales residuales de hidroxiapatita, haciendo más estable la unión a la dentina. (91)

Los estudios analizados coinciden en que la abrasión por aire (APA) y el grabado con ácido fluorhídrico (HF) son tratamientos efectivos para mejorar la resistencia de unión, aunque su efectividad varía según el material y su combinación con otros pretratamientos.

Lankes et al y Masri et al, concuerdan que la resistencia al cizallamiento (SBS) con grabado con ácido fluorhídrico (HF) en cerámicas vítreas como el feldespato y disilicato de litio (CEREC, VITA VM7 y E-MAX) fue mayor respecto a la abrasión por aire con óxido de aluminio. Relacionan este resultado a que el HF actúa en la cerámica sobre la matriz vítrea exponiendo la estructura cristalina, creando microporosidades y promoviendo la formación de grupos hidroxilo en la superficie de la cerámica. (106) (107) Sin embargo, Lankes et al, también señala que en el zirconio no tuvo los mismos resultados, atribuyendo que al ser libre de sílice el HF no es capaz de actuar en la superficie de esta cerámica por lo que los valores de energía libre superficial son más bajos. (107)

Los resultados con abrasión por aire en el zirconio fueron superiores, lo que lleva al autor a confirmar los hallazgos de Ghoveizi et al y Kabiri et al, sobre la efectividad de este método como pretratamiento mecánico para mejorar la adhesión al zirconio. Así mismo coinciden en que el agente de acoplamiento silano proporciona un enlace químico covalente e hidrógeno y mejora la fuerza de unión entre la cerámica y la estructura dental, según la mención de Lankes et al y Masri et al. (106) (107)

Varios estudios han demostrado que la abrasión por aire mejora la resistencia de unión entre el zirconio y el cemento de resina. Yue Xin et al, señala que este tratamiento en combinación con primers a base de MDP como el Z-Prime Plus mejora significativamente los resultados de adhesión. (102) Lo que coincide con los hallazgos de Kabiri et al y Sharafeddin et al, que destacan que el Z-Prime Plus al contener MDP y monómeros carboxílicos interactúan químicamente con la capa de óxido de zirconio en la interfase, resultando en una mayor fuerza de unión respecto al adhesivo All-Bond Universal. (103) (104)

Por lo tanto, primers con monómeros funcionales de MDP parece ser crucial para lograr una adhesión efectiva al zirconio, incluso si el cemento de resina autoadhesivo ya los contiene. (102)

Por otro lado, Wongkamhaeng et al, en su estudio encontraron que el zirconio sinterizado con el adhesivo universal Scotchbond y el cemento Panavia V5 que contiene 10-MDP, Bis-GMA y HEMA, también exhibió una mayor fuerza de unión, sin embargo, en su investigación no se utilizó Z-prime Plus. (105) Yue Xin et al y Sharafeddin et al, mencionan que si bien la abrasión por aire condujo a una mayor fuerza de unión entre el zirconio y el cemento de resina como mencionan. (102) (103) Se advierte también que puede debilitar el zirconio al causar microgrietas y generar defectos o fallas superficiales que podrían disminuir la adhesión y comprometer el rendimiento clínico al afectar su longevidad, lo que concuerda con Ye Xin-Yi et al y Ghoveizi et al. (100) (109)

En base a los hallazgos obtenidos la abrasión por aire se recomienda principalmente en cerámicas de zirconio y en restauraciones de composite de resina, particularmente en la reparación de aquellas defectuosas ya que destaca su efectividad. Por su parte, las cerámicas de disilicato de litio y feldespatos requieren el uso de ácido fluorhídrico.

De acuerdo al tiempo transcurrido, Alghamdi et al, menciona que el tiempo transcurrido posterior a la abrasión por aire con óxido de aluminio afecta la adhesión. La silanización inmediatamente después a este tratamiento mecánico alcanzó resultados óptimos al presentar mayor resistencia de unión a microtracción (μ TBS), no obstante, el material restaurador expuesto al aire tras la abrasión reduce la resistencia de unión por la sorción de agua. (111)

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Los resultados de la aplicación de la abrasión por aire como pretratamiento mecánico varían en función de los parámetros empleado, es decir el tipo y tamaño de partícula, presión, distancia, ángulo y tiempo de exposición. De acuerdo con los datos analizados, se sugiere la aplicación de abrasión por aire con partículas de óxido de aluminio de 50 μm a una presión de 60 a 80 psi con una distancia de la boquilla de 10 mm y un tiempo de exposición de 20 segundos en zirconio y 5 segundos en dentina para optimizar su efectividad y prevenir daños de la superficie tratada.
- Aunque el uso de la abrasión por aire con óxido de aluminio es cuestionable, los estudios presentes en esta investigación no han reportado que su aplicación disminuye o perjudica la fuerza de unión. Esta técnica de preparación mecánica resulto ser efectivo en comparación a otros métodos como el láser y el ácido fluorhídrico sobre todo en cerámicas de zirconio y en reparación de resinas compuestas, mientras que cerámicas vítreas como el disilicato de litio y feldespato, el ácido fluorhídrico fue superior. Del mismo modo, en restauraciones directas la abrasión por aire aumento la fuerza de unión entre la dentina – resina, cabe destacar que esta técnica no reemplaza el ácido fosfórico por lo que siempre debe usarse con grabado ácido.
- Finalmente, la abrasión por aire ofrece la ventaja de aumentar la energía superficial, crear rugosidad y mejorar la retención mecánica de las superficies tratadas y facilitar la penetración del adhesivo o el cemento de resina. Su combinación con monómeros de MDP potencia la adhesión en restauraciones directas e indirectas. Sin embargo, uno de sus inconvenientes, es que puede generar grietas y defectos superficiales en materiales como el zirconio comprometiendo el rendimiento clínico y la longevidad de la restauración, Además, posterior a la abrasión por aire la cementación del material restaurador debe ser inmediata, ya que el tiempo que transcurre tiene un impacto negativo en la adhesión.

5.2 RECOMENDACIONES

- Resulta necesario impulsar más investigaciones sobre la abrasión de partículas por aire con el objetivo de establecer protocolos clínicos que contemplen parámetros específicos para evitar comprometer la integridad tanto del material restaurador como el sustrato dental, y así lograr mayor fuerza de unión a la dentina, reducir fracasos adhesivos y garantizar resultados óptimos a largo plazo.
- En la aplicación clínica, se recomienda combinar la abrasión de partículas por aire con monómeros funcionales de MDP, pues los resultados demuestran que mejora la calidad de la adhesión en restauraciones directas e indirectas.

- Fomentar la investigación y la actualización continua a través de la revisión periódica de la literatura, ya que permitirá estar al tanto de los avances continuos en la reducción de fracasos en la adhesión y brindar así servicios de alta calidad respaldados en la evidencia científica actual.

BIBLIOGRÁFIA

1. Eram , Vinay Kr , K N C, Keni LG, Shetty DD, Zuber , et al. Air-Abrasion in Dentistry: A Short Review of the Materials and Performance Parameters. *J Biomed Phys Eng.* 2024; 14(11): p. 99-110.
2. Hegde VS, Khatavkar RA. A new dimension to conservative dentistry: Air abrasion. *J Conserv Dent.* 2010; 13(1): p. 4-8.
3. Mazur MW, Aluchna , Mielczarek. Bioactive glass as an abrasive in air abrasion technique: application in dentistry. *Journal of Stomatology.* 2022; 75(4): p. 273-280.
4. Graeber JJ. Air abrasion technique. In *Microinvasive Dentistry: Clinical Strategies and Tools.* 1st ed. London: Jaypee UK; 2021. p. 107-118.
5. Lima VP, Soares , Caldeira VS, Faria-E-Silva AL, Loomans B, Moraes RR. Airborne-particle Abrasion and Dentin Bonding: Systematic Review and Meta-analysis. *Oper Dent.* 2021; 46(1): p. 21-33.
6. Yassin M, Salih S. The Effect of Clinical Sandblasting With Different Powders on the Surface Roughness of Cores for Metal-Ceramic Crowns and Their Fracture Resistance After the Addition of Repair Material: An In-Vitro Study. *Cureus.* 2022; 14(12): p. 1-15.
7. Mosele JC, Oliveira AR, Pizzolatto , Benetti , Borba. Failure behavior of zirconia crowns subjected to air abrasion with different particle sizes. *Braz Dent J.* 2023; 34(1): p. 71-79.
8. Kim , Kim RH, Lee SC, Lee TK, Hayashi , Yu , et al. Evaluation of Tensile Bond Strength between Self-Adhesive Resin Cement and Surface-Pretreated Zirconia. *Materials (Basel).* 2022; 15(9): p. 1-11.
9. Franz , Winkler , Lettner S, Öppinger S, Hauser A, Haidar M, et al. Optimizing the fitting-surface preparation of zirconia restorations for bonding to dentin. *Dental Materials.* 2021; 37(3): p. 464-476.
10. França FMG, Dos Santos AJS, Lovadino JR. Influence of air abrasion and long-term storage on the bond strength of self-etching adhesives to dentin. *Oper Dent.* 2007; 32(3): p. 217-224.
11. Almeida , Marques JA, Van Meerbeek , Ramos JC, Falacho. Particle abrasion as a pre-bonding dentin surface treatment: A scoping review. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry.* 2024; 36(5): p. 746-760.
12. Yarmohammadi E, Farshchian M. In Vitro Evaluation of the Effect of Different Surface Treatments on Shear Bond Strength of New to Old Composite Restorations. *Dental Hypotheses.* 2020; 11(4): p. 108-111.
13. Kim SH, Park CJ, Cho LR, Huh YH. Evaluation of the ceramic liner bonding effect between zirconia and lithium disilicate. *J Prosthet Dent.* 2018; 120(2): p. 282-289.

14. Vargas Robles HE, Miranda Cordova EE, Lazo Otazú , Cosio Dueñas. Comparación in vitro de la resistencia adhesiva de los sistemas adhesivos grabado y enjuague y autograbado. *Odontología Vital*. 2019; 1(30): p. 45-50.
15. Flury S. Principios de la adhesión y de la técnica adhesiva. *Quintessence*. 2012; 25(10): p. 604-609.
16. Steenbecker G O. Fundamentos de la adhesión dental. In Henostroza G, Borgia E, Busato A, Carvalho R, Cortes J, Costa C, et al. *Adhesión en Odontología restauradora*. 1st ed. Argentina: MAIO; 2003. p. 26-51.
17. Von Fraunhofer JA. Adhesion and Cohesion. *Int J Dent*. 2012; 2012(1): p. 1-8.
18. Kohen S. Adhesión a metal y otras superficies. In Barrancos MJ, Barrancos P. *Operatoria dental: interacción clínica*. Buenos Aires: Médica Panamericana; 2006. p. 819-840.
19. Alsadon OA. Adhesion concepts and techniques for laboratory-processed indirect dental restorations. *The Saudi Dental Journal*. 2022; 34(8): p. 661-668.
20. Comba , Baldi , Garavelli , Maravic , Breschi L, Mazzon , et al. Effects of Surface Pretreatments on Bond Strength and Morphology of Aprismatic Enamel. *J Adhes Dent*. 2022; 24: p. 367-374.
21. Bagheri , Pilecki , Sauro S, Sherriff , Watson TF, Hosey MT. An in vitro investigation of pre-treatment effects before fissure sealing. *Int J Paediatr Dent*. ; 27(6): p. 514-522.
22. Gungormus M, Tulumbaci. Peptide-assisted pre-bonding remineralization of dentin to improve bonding. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*. 2021; 113.
23. Bourgi , Kharouf , Cuevas Suárez CE, Lukomska-Szymanska M, Haikel , Hardan L. A Literature Review of Adhesive Systems in Dentistry: Key Components and Their Clinical Applications. *Applied Sciences*. 2024; 14(18): p. 1-51.
24. Sinjari B, Santilli , D'Addazio G, Rexhepi , Gigante , Caputi , et al. Influence of Dentine Pre-Treatment by Sandblasting with Aluminum Oxide in Adhesive Restorations. An In Vitro Study. *Materials (Basel)*. 2020; 13(13): p. 1-11.
25. Hernández M. Aspectos prácticos de la adhesión a dentina. *Avances en odontoestomatología*. 2004; 20(1): p. 1-14.
26. Herrera E. Fracasos en la adhesión. *Avances en Odontoestomatología*. 2005; 21(2): p. 1-7.
27. Mandri MN, Aguirre Grabre de Prieto A, Zamudio ME. Sistemas adhesivos en Odontología Restauradora. *Odontoestomatología*. 2015; 17(26): p. 1-7.
28. Yao , Ahmed MH, Yoshihara , Mercelis , Parise Gré C, Van Landuyt KL, et al. Bonding to enamel using alternative Enamel Conditioner/etchants. *Dental Materials*. 2019; 35(10): p. 1415-1429.
29. Kharouf N, Mancino , Naji-Amrani , Eid A, Haikel , Hemmerlé J. Effectiveness of Etching by Three Acids on the Morphological and Chemical Features of Dentin Tissue. *The journal of contemporary dental practice*. 2019; 20(8): p. 1-6.

30. Cecchin , Farina AP, Vidal CM, Bedran-Russo AK. A Novel Enamel and Dentin Etching Protocol Using α -hydroxy Glycolic Acid: Surface Property, Etching Pattern, and Bond Strength Studies. *Oper Dent*. 2018; 43(1): p. 101-110.
31. Zanigni L, Checchi , Pugliese BD, Josic , Mazzite , Giannetti L, et al. Effect of Orthophosphoric Acid and Er:YAG Laser Etching on Micro-shear Bond Strength to Enamel: An In Vitro Pilot Study. *The Open Dentistry Journal*. 2022; 16(1): p. 1-5.
32. Burrer , Dang , Par , Attin T, Tauböck TT. Effect of Over-Etching and Prolonged Application Time of a Universal Adhesive on Dentin Bond Strength. *Polymers*. 2020; 12(12): p. 1-10.
33. Chen H, Li H, Sun Y, Wang Y, Lü P. Femtosecond laser for cavity preparation in enamel and dentin: ablation efficiency related factors. *Sci Rep*. 2016; 6(1): p. 1-8.
34. Rapp L, Madden , Brand , Walsh LJ, Spallek , Zuait , et al. Femtosecond laser dentistry for precise and efficient cavity preparation in teeth. *Biomed Opt Express*. 2022; 13(9): p. 559–4571.
35. Salman SQ, Hussein BMA. Topographical Analysis of Human Enamel after Phosphoric Acid Etching and Er,Cr:YSGG Laser Irradiation. *J Lasers Med Sci*. 2023; 14(68): p. 1-8.
36. Silva AC, Melo , Ferreira JC, Oliveira , Gutknecht. Adhesion in Dentin Prepared with Er,Cr:YSGG Laser: Systematic Review. *Contemp Clin Dent*. 2019; 10(1): p. 123-134.
37. D’Amario M, Piccioni C, Di Carlo , De Angelis , Caruso , Capogreco. Effect of Airborne Particle Abrasion on Microtensile Bond Strength of Total-Etch Adhesives to Human Dentin. *BioMed Research International*. 2017; 2017(1): p. 1-7.
38. Türp L, Bartels , Wille S, Lehmann F, Kern. Effect of alumina particle morphology used for air abrasion on loss of enamel and luting composite resin. *Dent Mater*. 2021; 37(12): p. 523-532.
39. Ramos RQ, Peumans , Mercelis B, Ahmed MH, Politano G, Lopes GC, et al. Influence of airborne particle abrasion on dentin bonding effectiveness of a 2-step universal adhesive. *J Dent*. 2024; 144: p. 104918.
40. Reis , Feitosa VP, Chibinski AC, Favoreto MW, Gutierrez MF, Loguercio AD. Biomimetic Restorative Dentistry: an evidence-based discussion of common myths. *J Appl Oral Sci*. 2024; 25(32): p. 1-16.
41. Banerjee A, Watson T, Kidd E. Dentine caries excavation: a review of current clinical techniques. *British Dental Journal*. 2000; 188(9): p. 476–482.
42. Cadore Rodrigues AC, Prochnow , Rippe MP, Oliveira JS, Jahn SL, Foletto EL, et al. Air-abrasion using new silica-alumina powders containing different silica concentrations: Effect on the microstructural characteristics and fatigue behavior of a Y-TZP ceramic. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2019; 98: p. 11-19.
43. Tan MHX, Hill RG, Anderson P. Comparing the Air Abrasion Cutting Efficacy of Dentine Using a Fluoride-Containing Bioactive Glass versus an Alumina Abrasive: An In Vitro Study. *Int J Dent*. 2015; 2015(1): p. 1-8.

44. Németh KD, Told , Szabó P, Maróti , Szénai , Pintér ZB, et al. Comparative Evaluation of the Repair Bond Strength of Dental Resin Composite after Sodium Bicarbonate or Aluminum Oxide Air-Abrasion. *Int J Mol Sci.* 2023; 24(14): p. 115-168.
45. Ludovichetti FS, Lucchi P, Bernardelle M, Signoriello AG, Pezzato L, Bertolini R, et al. Comparative Effects of Different Abrasives on Surface Roughness of Dental Materials: An In Vitro Study. *Applied Sciences.* 2024; 14(19): p. 1-16.
46. Saravia Rojas MÁ, Goñe Canto GM, Geng Vivanco. Uso del microarenador intraoral para colocación de selladores de fosas y fisuras: Caso clínico. *Rev Estomatol Herediana.* 2022; 32(3): p. 329-336.
47. Huang CT, Kim J, Arce C, Lawson NC. Intraoral Air Abrasion: A Review of Devices, Materials, Evidence, and Clinical Applications in Restorative Dentistry. *Compend Contin Educ Dent.* 2019; 40(8): p. 508-513.
48. De Carvalho FG, Botelho Josgrilberg; , Loiola Cordeiro RdC, Orbegoso Flores. Tratamientos menos invasivos – utilización de los sistemas de aire abrasivo y puntas cvd. *Acta odontol. venez.* 2006; 44(1): p. 14-17.
49. Zimmer R, Mantelli AR, Montagna , Reston EG, Arossi GA. Does sandblasting improve bond strength in resin composite repair? *Dentistry Review.* 2024; 14(1): p. 1-11.
50. Mavriqi , Valente F, Sinjari B, Trubiani O, Caputi , Traini. Water-Airborne-Particle Abrasion as a Pre-Treatment to Improve Bioadhesion and Bond Strength of Glass–Ceramic Restorations: From In Vitro Study to 15-Year Survival Rate. *Materials (Basel).* 2021; 14(17): p. 4966.
51. Khanlar LN, Takagaki , Abdou A, Inokoshi , Ikeda , Takahashi A, et al. Effect of Air-Particle Abrasion Protocol and Primer on The Topography and Bond Strength of a High-Translucent Zirconia Ceramic. *J Prosthodont.* 2022; 31(3): p. 228-238.
52. Gray GB, Carey GPD, Jagger DC. An in vitro investigation of a comparison of bond strengths of composite to etched and air-abraded human enamel surfaces. *J Prosthodont.* 2006; 15(1): p. 2-8.
53. Freeman , Varanasi , Meyers IA, Symons AL. Effect of air abrasion and thermocycling on resin adaptation and shear bond strength to dentin for an etch-and-rinse and self-etch resin adhesive. *Dent Mater J.* 2012; 31(2): p. 180-188.
54. Tabatabaei MH, Chiniforush , Namdar SF. Effects of different ceramic primers and surface treatments on the shear bond strength of restorative composite resin to zirconium. *Laser Ther.* 2018; 27(2): p. 111–117.
55. Ahrari F, Boruziniat , Mohammadipour HS, Alirezaei. The effect of surface treatment with a fractional carbon dioxide laser on shear bond strength of resin cement to a lithium disilicate-based ceramic. *Dent Res J (Isfahan).* 2017; 14(13): p. 195–202.
56. Kim JE, Lim JH, Kang YJ, Kim JH, Shim JS. Effect of Pressure and Particle Size During Aluminum Oxide Air Abrasion on the Flexural Strength of Disperse-Filled

- Composite and Polymer-Infiltrated Ceramic Network Materials. *Polymers (Basel)*. 2020; 12(6): p. 1-12.
57. Kuşdemir M, Yüzbaşıoğlu , Toz-Akalin , Öztürk-Bozkurta , Özsoya , Özcan. Does Al₂O₃ airborne particle abrasion improve repair bond strength of universal adhesives to aged and non-aged nanocomposites? *Journal of Adhesion Science and Technology*. 2021; 35(21): p. 2275-2287.
58. Paolinelis G, Banerjee A, Watson TF. An In-vitro Investigation of the Effects of Variable Operating Parameters on Alumina Air-abrasion Cutting Characteristics. *Oper Dent*. 2009; 34(1): p. 87–92.
59. Kui , Buduru , Labunet A, Sava , Pop , Bara I, et al. Air Particle Abrasion in Dentistry: An Overview of Effects on Dentin Adhesion and Bond Strength. *Dentistry Journal*. 2025; 13(1): p. 1-14.
60. Gerbo LR, Barnes CM, Leinfelder KF. Applications of the air-powder polisher in clinical orthodontics. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1993; 103(1): p. 71-73.
61. Mao , Schmidt , Beuer F, Yassine , Hey , Prause. Effect of surface treatment strategies on bond strength of additively and subtractively manufactured hybrid materials for permanent crowns. *Clin Oral Investig*. 2024; 28(7): p. 1-12.
62. Seo SH, Kim JE, Nam NE, Moon HS. Effect of air abrasion, acid etching, and aging on the shear bond strength with resin cement to 3Y-TZP zirconia. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2022; 134: p. 105-348.
63. Abdou A, Hussein , Abd El-Sattar NEA, Takagaki , Kusumasari C, Rizk , et al. MDP-salts as an adhesion promoter with MDP-primers and self-adhesive resin cement for zirconia cementation. *BMC Oral Health*. 2023; 23(1): p. 1-10.
64. Łagodzińska P, Dejak , Konieczny. The Influence of Alumina Airborne-Particle Abrasion on the Properties of Zirconia-Based Dental Ceramics (3Y-TZP). *Coatings*. 2023; 13(10): p. 1-15.
65. Cotič , Jevnikar P, Kocjan. Ageing kinetics and strength of airborne-particle abraded 3Y-TZP ceramics. *Dental Materials*. 2017; 33(7): p. 847-856.
66. Coskun ME, Akar T, Tugut F. Airborne-particle abrasion; searching the right parameter. *Journal of Dental Sciences*. 2018; 13(4): p. 1-8.
67. Yang B, Barloi A, Kern M. Influence of air-abrasion on zirconia ceramic bonding using an adhesive composite resin. *Dental Materials*. 2010; 26(1): p. 44-50.
68. Prasad HA, Pasha , Hilal , Amarnath GS, Kundapur , Anand M, et al. To Evaluate Effect of Airborne Particle Abrasion using Different Abrasives Particles and Compare Two Commercial Available Zirconia on Flexural Strength on Heat Treatment. *Int J Biomed Sci*. 2017; 13(2): p. 93-112.
69. Śmielak , Klimek. Effect of Air Abrasion on the Number of Particles Embedded in Zirconia. *Materials*. 2018; 11(2): p. 1-13.

70. Ouchi H, Takamizawa T, Tsubota K, Tsujimoto A, Imai A, Barkmeier WW, et al. The Effects of Aluminablasting on Bond Durability Between Universal Adhesives and Tooth Substrate. *Oper Dent.* 2020; 45(2): p. 196-208.
71. Kanzow P, Piecha L, Biermann J, Wiegand A. Repair Surface Conditioning Measures Affect Enamel and Dentin Bond Strength. *Oper Dent.* 2020; 45(6): p. 643-654.
72. Chauhan , Mahajan , Sethuraman , Naveen YG. Evaluation of the effect of dentin surface treatment by air abrasion and Er:YAG laser on the retention of metal crowns luted with glass ionomer cement in teeth with reduced crown height: An in vitro study. *J Indian Prosthodont Soc.* 2019; 19(2): p. 141–148.
73. Ebadian , Moazami , Jowkar. Effect of Er:YAG Laser Application and Sandblasting on Shear Bond Strength of Veneering Ceramic to Zirconia Core. *Front Dent.* 2024; 21(25): p. 1-8.
74. Soares LD, Basso GR, Spazzin AO, Griggs , Moraes RR. Mechanical reliability of air-abraded and acid-etched bonded feldspar ceramic. *Dental Materials.* 2016; 32(3): p. 433-441.
75. Lee MH, Son JS, Kim KH, Kwon TY. Improved Resin–Zirconia Bonding by Room Temperature Hydrofluoric Acid Etching. *Materials.* 2015; 8(3): p. 850-866.
76. Lee JH, Lee CH. Effect of the Surface Treatment Method Using Airborne-Particle Abrasion and Hydrofluoric Acid on the Shear Bond Strength of Resin Cement to Zirconia. *Dent. J.* 2017; 5(3): p. 1-12.
77. Reddy AR, Koganti VP. Comparison of Shear Bond Strength and Surface Structure Between Acid Etching and Air-Abrasion Techniques. *Advances in Human Biology.* 2014; 4(1): p. 20-25.
78. Bhadule SN, Kalaskar , Kalaskar A, Krishnakumar K, Joshi S, Balasubramanian. Clinical Effectiveness of Air Abrasion When Compared to Conventional Acid-etching Technique in Enhancing the Retention of Pit and Fissure Sealants: A Systematic Review. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry.* 2024; 17(3): p. 377-384.
79. Ahn JJ, Kim DS, Bae EB, Kim GC, Jeong CM, Huh JB, et al. Effect of Non-Thermal Atmospheric Pressure Plasma (NTP) and Zirconia Primer Treatment on Shear Bond Strength between Y-TZP and Resin Cement. *Materials (Basel).* 2020; 13(18): p. 1-15.
80. Jassim SJ, Majeed MA. Effect of plasma surface treatment of three different CAD/CAM materials on the micro shear bond strength with resin cement (A comparative in vitro study). *Heliyon.* 2023; 9(7): p. 1-10.
81. Mesgarzadegan M, Hooshmand , Akbari. Effect of Plasma Radiation and Other Surface Preparation Methods on Microtensile Bond Strength of Repaired Aged Resin Composite. *Front Dent.* ; 20(44): p. 1-44.
82. Kumar U, Dharmani CKK, Singh S, Logani , Shah. Effect of Air Abrasion Preconditioning on Microleakage in Class V Restorations Under Cyclic Loading: An In-vitro Study. *J Clin Diagn Res.* 2014; 8(5): p. 29–32.

83. Fumes AC, Daniele LL, De Rossi A, Da Silva Fidalgo TK, Garcia de Paula e Silva FW, Borsatto MC, et al. Microleakage of Sealants after Phosphoric Acid, Er: YAG Laser and Air Abrasion Enamel Conditioning: Systematic Review and Meta-Analysis. *The Journal of Clinical Pediatric Dentistry*. 2017; 41(3): p. 167-172.
84. Ghaffari , Moslehifard , Motiei M. Effect of thermal and mechanical cycles on shear bond strength of zirconia core to porcelain veneer under different surface treatments. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*. 2019; 13(3): p. 227-233.
85. Martín SG, Lafuente. Referencias bibliográficas: indicadores para su evaluación en trabajos científicos. *Investig. bibl*. 2017; 31(71): p. 1-30.
86. Hernández-Sampieri R. Concepción o elección del diseño de investigación. In Hernández Sampieri , Fernández Collado C, Baptista Lucio MdP. *Metodología de la investigación*. 6th ed. México ; 2014. p. 126-168.
87. Cvetkovic-Vega A, Maguiña JL, Soto , Lama-Valdivia J, Correa López LE. Estudios transversales. *Rev. Fac. Med. Hum*. 2021; 21(1): p. 1-7.
88. Szerszeń M, Higuchi , Romelczyk-Baishya , Górski , Łojkowski , Pakieła , et al. Physicochemical Properties of Dentine Subjected to Microabrasive Blasting and Its Influence on Bonding to Self-Adhesive Prosthetic Cement in Shear Bond Strength Test: An In Vitro Study. *Materials (Basel)*. 2022; 15(4): p. 1-19.
89. Tamura , Takamizawa T, Shimamura , Akiba , Yabuki , Imai , et al. Influence of air-powder polishing on bond strength and surface-free energy of universal adhesive systems. *Dental materials journal*. 2017; 36(6): p. 762–769.
90. Levartovsky S, Ferdman B, Safadi N, Hanna , Dolev E, Pilo R. Effect of Silica-Modified Aluminum Oxide Abrasion on Adhesion to Dentin, Using Total-Etch and Self-Etch Systems. *Polymers*. 2023; 15(2): p. 1-14.
91. Sutil BGdS, Susin AH. Dentin pretreatment and adhesive temperature as affecting factors on bond strength of a universal adhesive system. *J Appl Oral Sci*. 2017; 25(5): p. 533–540.
92. Sinhoreti MA, Vitti RP, Abuna G, Feitosa VP. Effect of Bioglass 45S5 air-abrasion on dentin bonding: evaluation of microtensile bond strength and confocal microscopy. *Applied Adhesion Science*. 2015; 3(1): p. 1-6.
93. Anja , Walter , Nicoletta , Marco , Pezelj Ribarić S, Ivana M. Influence of Air Abrasion and Sonic Technique on Microtensile Bond Strength of One-Step Self-Etch Adhesive on Human Dentin. *ScientificWorldJournal*. 2015; 2015(1): p. 1-6.
94. Nihalani , Borkar AC, Shetty SS, Gupta , Khairajani D, Kakodkar. Comparative evaluation of different surface pretreatment methods on the depth of penetration of adhesive resin in sandwich technique: A confocal laser scanning microscopy study. *J Conserv Dent Endod*. 2024; 27(6): p. 644–648.
95. Zakavi , Gholizadeh , Dibazar , Esmaeili. A Comparison of Laser and Mechanical Surface Pretreatment Methods on Shear Bond Strength of Resin Composite to Resin-Modified Glass Ionomer. *J Dent (Shiraz)*. 2023; 24(1): p. 103–111.

96. Poggio , Beltrami , Colombo M, Chiesa , Scribante A. Influence of dentin pretreatment on bond strength of universal adhesives. *Acta Biomater Odontol Scand.* 2017; 3(1): p. 30–35.
97. Falcon Aguilar M, Ferretti MA, Lins RBE, Silva JDS, Lima DANL, Marchi GM, et al. Effect of Phytic Acid Etching and Airborne-Particle Abrasion Treatment on the Resin Bond Strength. *Clin Cosmet Investig Dent.* 2024; 16: p. 191–199.
98. Shah , Adimulapu SH, Nivedhitha , Mehta A, Sugumaran. The effect of surface treatments of tooth on the shear bond strength of direct composite veneers: An in vitro scanning electron microscope study. *J Conserv Dent Endod.* 2023; 26(5): p. 539–543.
99. Buyukerkmen EB, Bozkurt DA, Terlemez. Effect of surface treatment, ferrule height, and luting agent type on pull-out bond strength of monolithic zirconia endocrowns. *Journal of Oral Science.* 2022; 64(4): p. 279-282.
100. Ghoveizi , Parsirad , Tavakoli , Beyabanaki. Effect of Different Nd:YAG Laser Power Outputs on Bond Strength of Resin Cement to Zirconia in Comparison to Sandblasting. *J Lasers Med Sci.* 2021; 12(6): p. 1-6.
101. Rashidi , Berangi , Chiniforush , Ahmadi , Ranjbar Omrani L. Microtensile Repair Bond Strength of a Composite After Accelerated Artificial Aging: Effect of the Air Abrasion, Bur, Er:YAG Laser, Two-Step Self-etch Bonding, and Universal Bonding Repair System. *J Lasers Med Sci.* 2022; 13(18): p. 1-6.
102. Yue X, Hou X, Gao , Bao P, Shen. Effects of MDP-based primers on shear bond strength between resin cement and zirconia. *Exp Ther Med.* 2019; 17(5): p. 3564–3572.
103. Sharafeddin , Shoale. Effects of Universal and Conventional MDP Primers on the Shear Bond Strength of Zirconia Ceramic and Nanofilled Composite Resin. *J Dent (Shiraz).* 2018; 19(1): p. 48-56.
104. Kabiri , Neshati , Rohani. Effect of Different Surface Treatments and Pressure Conditions on Shear Bond Strength of Zirconia Ceramic to Composite Resin. *Front Dent.* 2021; 18(26): p. 1-7.
105. Wongkamhaeng , Poomparnich , Chitkraisorn , Boonpitak , Tosiriwatanapong. Effect of combining different 10-MDP-containing primers and cement systems on shear bond strength between resin cement and zirconia. *BMC Oral Health.* 2025; 25(1): p. 1-10.
106. Masri DM, Alghamdi NS, Alhawiti NS, Alawi RM, Alhothari SK, Yousief SA, et al. Effect of Surface Treatments on the Shear Bond Strength of Indirect Esthetic Restorative Materials to Dentin. *Open Access Maced J Med Sci.* 2019; 7(15): p. 2528–2532.
107. Lankes V, Coldea A, Meinen J, Schwendicke F, Stawarczyk B. Airborne-Particle Abrasion vs. Hydrofluoric Acid Etching of Dental Ceramics: Impact on the Tensile Bond Strength. *Materials.* 2024; 17(23): p. 1-15.

108. Egoshi , Taira Y, Sakihara , Kamada , Sawase , Murata. Effects of air abrasion and glow-discharge plasma treatment on bonding resin cement to ceria-stabilized zirconia/alumina nanocomposite. *Dent Mater J.* 2019; 38(3): p. 437-443.
109. Ye XY, Liu MY, Li , Liu XQ, Liao , Zhan LL, et al. Effects of cold atmospheric plasma treatment on resin bonding to high-translucency zirconia ceramics. *Dent Mater J.* 2022; 41(6): p. 896-904.
110. Poskus LT, Meirelles RS, Schuina VB, Ferreira LM, Da Silva EM, Guimarães JGA. Effects of different surface treatments on bond strength of an indirect composite to bovine dentin. *Indian J Dent Res.* 2015; 26(3): p. 289-294.
111. Ali , Takagaki , Naruse , Abdou , Nikaido , Ikeda , et al. The effect of elapsed time following alumina blasting on adhesion of CAD/CAM resin block to dentin. *Dent Mater J.* 2019; 38(3): p. 354-360.

ANEXOS

N°	Autores	DOI	Año	ISSN	T. DE INV	S. TRATADA	RESTAURACION	CRIS	TITLE AND ABSTRACT	INTRODUCTION	METHODS	RESULTS	DISCUSSION	OTHER INFORMATION	CLASIFICACIÓN	
1	Szerszeń et al	10.3390/ma15041476	2022	3520-8013	In vitro	Dentina	Indirecta		<input checked="" type="checkbox"/>	ALTA						
2	Tamura et al	10.4012/dmj.2016-185	2017	2870-1636	In vitro	Dentina	Directa		<input checked="" type="checkbox"/>	MODERADA						
3	Levartovsky et al	10.1590/1678-7757-2016-0500	2023	3667-9326	In vitro	Dentina	Directa		<input checked="" type="checkbox"/>	ALTA						
4	Sutil et al	10.1590/1678-7757-2016-0500	2017	2906-9151	In vitro	Dentina	Directa		<input checked="" type="checkbox"/>	ALTA						
5	Sinhoreti, et al	10.1186/s40563-015-0049-x	2015	60430-160	In vitro	Dentina	Directa		<input checked="" type="checkbox"/>	ALTA						
6	Anja et al	10.1155/2015/368745	2015	2587-9053	In vitro	Dentina	Directa		<input checked="" type="checkbox"/>	±	MODERADA					
7	Nihalani et al	10.4103/JCDE.JCDE_329_23	2024	3898-9485	In vitro	Dentina	Directa		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	±	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	MODERADA
8	Zakavi et al	10.30476/dentjods.2022.92281.1624	2023	3705-1498	In vitro	(RMGI)	Directa		<input checked="" type="checkbox"/>	ALTA						
9	Poggio et al	10.1080/23337931.2017.1305273	2017	2864-2929	In vitro	Dentina	Directa		<input checked="" type="checkbox"/>	ALTA						
11	Shah et al	10.4103/jcd.jcd_354_23	2023	3829-2362	In vitro	Esmalte	Directa		<input checked="" type="checkbox"/>	ALTA						
12	Buyukerkmen et al	https://doi.org/10.2334/josnusd.22-0147	2022	1880-4926	In vitro	Circonio	Indirecta		<input checked="" type="checkbox"/>	ALTA						
13	Ghoveizi et al	10.34172/jlms.2021.06	2021	3408-4732	In vitro	Circonio	Indirecta		<input checked="" type="checkbox"/>	ALTA						

14	Alghamdi ALI et al	https://doi.org/10.4012/dmj.2018-113	2019	1881-1361	In vitro	Resina CAD/CAM	Indirecta	<input checked="" type="checkbox"/>	ALTA					
15	Rashidi et al	10.34172/jlms.2022.18	2022	3599-6482	In vitro	Resina compuesta	Directa	<input checked="" type="checkbox"/>	ALTA					
16	Xin Yue et al	10.3892/etm.2019.7382	2019	3098-8738	In vitro	circonio	Indirecta	<input checked="" type="checkbox"/>	ALTA					
17	Sharafeddin et al		2018	2949-2416	In vitro	Circonio	Indirecta	<input checked="" type="checkbox"/>	ALTA					
18	Kabiri et al	10.18502/fid.v18i26.6936	2021	3596-5716	In vitro	Circonio	Indirecta	<input checked="" type="checkbox"/>	ALTA					
19	Wongkamhaeng et al	10.1186/s12903-025-05578-2	2025	3992-3049	In vitro	Circonio	Indirecta	<input checked="" type="checkbox"/>	ALTA					
20	Masri et al	10.3889/oamjms.2019.724	2019	3166-6859	In vitro	Feldespatio y Disilicato de litio	Indirecta	<input checked="" type="checkbox"/>	ALTA					
21	Lankes et al	10.3390/ma17235758	2024	3968-5194	In vitro	Disilicato de litio / Zirconio	Indirecta	<input checked="" type="checkbox"/>	ALTA					
22	Egoshi et al	10.4012/dmj.2018-029	2019	3097-1648	In vitro	Circonio	Indirecta	<input checked="" type="checkbox"/>	ALTA					
23	Xin-Yi Ye et al	10.4012/dmj.2022-068	2022	3624-4735	In vitro	Circonio	Indirecta	<input checked="" type="checkbox"/>	ALTA					
24	Poskus et al	10.4103/0970-9290.162884.	2015	2627-5198	In vitro	Composite de resina	Indirecta	<input checked="" type="checkbox"/>	ALTA					