

**RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO DE DOS TIPOS DE ADHESIVOS
SOMETIDOS A TERMOCICLAJE**

**AUTORES
GERMAN ALFONSO LONDOÑO PAREJA
LUIS MIGUEL HERRERA MARTINEZ**

**COLEGIO ODONTOLÓGICO
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA COLEGIOS DE COLOMBIA - UNICOC
ESPECIALIZACIÓN EN REHABILITACIÓN ORAL**

**SANTIAGO DE CALI
OCTUBRE DE 2024**



**RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO DE DOS TIPOS DE ADHESIVOS
SOMETIDOS A TERMOCICLAJE**

AUTORES

**GERMAN ALFONSO LONDOÑO PAREJA
LUIS MIGUEL HERRERA MARTINEZ**

DIRECTOR

**CAMILO ANDRÉS GÁLVEZ REYES
REHABILITACIÓN ORAL**

ASESOR METODOLÓGICO

**ALEJANDRA MARLETH ORDOÑEZ MOLINA
MAGISTER EN EPIDEMIOLOGÍA**

ASESOR ESTADÍSTICO

**JULIÁN ANDRÉS TAMAYO CARDONA
MAGISTER EN LOGÍSTICA**

COLEGIO ODONTOLÓGICO

**INSTITUCION UNIVERSITARIA COLEGIOS DE COLOMBIA - UNICOC
ESPECIALIZACIÓN EN REHABILITACION ORAL**



Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

DEDICATORIA

A nuestros seres queridos, quienes han sido nuestra fuente inagotable de apoyo, comprensión y paciencia a lo largo de este desafiante camino.

A nuestras familias, por su amor incondicional, que nos ha dado la fortaleza para alcanzar nuestras metas.

A nuestros amigos y colegas, por compartir risas, desafíos y momentos inolvidables, contribuyendo a enriquecer esta experiencia académica.

A nuestros profesores y mentores, cuya guía y conocimiento han sido pilares fundamentales en nuestro crecimiento académico y profesional.

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestra sincera gratitud a todas las instituciones que han contribuido a la realización de este proyecto: Universidad Nacional por brindarnos su colaboración con el proceso de termociclado, Universidad del Valle por realizar el proceso de cizallamiento de las pruebas, Institución Universitaria Colegios de Colombia por brindarnos su espacio tanto en infraestructura como apoyo en el proyecto.

Agradecemos a Dios por guiarnos a lo largo de este camino y por brindarnos la fortaleza necesaria para completar este proyecto.

A nuestras familias, por su inquebrantable apoyo, amor y comprensión, fundamentales para nuestro éxito académico.

A nuestros amigos y colegas, por compartir con nosotros momentos de alegría, brindar su amistad y ser fuente constante de inspiración.

Agradecemos a nuestros profesores y mentores por su sabiduría, orientación y contribuciones valiosas que han enriquecido nuestra formación profesional.

TABLA DE CONTENIDO

1. CONTENIDO

LISTA DE TABLAS	9
LISTA DE GRÁFICOS	10
GLOSARIO	11
2. INTRODUCCIÓN	12
3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	15
3.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	17
4. MARCO TEÓRICO	18
4.1 Adhesión en Odontología.....	18
4.2 Inicio de la Era de la Adhesión (1950-1970).	18
4.3 Desarrollo de Adhesivos Dentales (1970-1980).....	18
4.4 Avances en Adhesivos Dentales (1980-1990).	19
4.5 Era de los Adhesivos de Grabado Selectivo (1990-2000).	19
4.6 Adhesión Actual (2000 en adelante).	19
4.7 Adhesivos y sus generaciones.....	20
4.7.1 Primera Generación.	20
4.7.2 Segunda Generación.....	20
4.7.3 Tercera Generación.....	20
4.7.4 Cuarta Generación.	20
4.7.5 Quinta Generación.	20
4.7.6 Sexta Generación.....	21
4.7.7 Adhesivos de séptima generación.....	21
4.7.8 Adhesivos de octava generación.....	21
4.8 Zafira Bond.	22

4.8.1	Generalidades del producto.	22
4.8.2	Información de composición.....	22
4.8.3	Propiedades del producto.....	22
4.8.4	Uso y aplicaciones.	23
4.9	Single Bond Universal 3M.....	23
4.9.1	Ventajas.	24
4.9.2	Indicaciones de Uso.....	24
4.10	Mecanismos primarios de la adhesión.....	25
4.10.1	Adhesión micromecánica:.....	25
4.10.2	Adhesión química:	25
4.11	Termociclaje.....	26
4.11.1	Características de la Máquina de Termociclado	26
4.11.2	Proceso de Termociclado	27
4.11.3	Consideraciones en el Proceso de Termociclado.....	28
4.12	Cizallamiento.	28
4.12.1	Características de la Máquina de Cizallamiento	29
4.12.2	Proceso de Prueba de Cizallamiento.....	29
4.12.3	Consideraciones en la Prueba de Cizallamiento	30
5.	OBJETIVOS.....	31
5.1	OBJETIVO GENERAL	31
5.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	31
6.	METODOLOGÍA	32
6.1	DISEÑO DEL ESTUDIO	32
6.2	POBLACIÓN OBJETIVO	32
6.2.1	Criterios de selección	32

6.3	TAMAÑO DE MUESTRA Y DISEÑO DE MUESTREO	33
6.3.1	Cálculo del tamaño de muestra	33
6.3.2	Diseño de muestreo.	33
6.4	DEFINICIÓN DE VARIABLES	34
6.4.1	Variables.	34
6.4.2	Cuadro operacional de las variables	34
6.5	DESCRIPCIÓN DE PROCEDIMIENTOS.....	34
6.5.1	Selección de muestras:	34
6.5.2	Almacenamiento de las muestras:	35
6.5.3	Preparación de las muestras:.....	35
6.5.4	Termociclaje:	39
6.5.5	Preparación de las muestras para cizallamiento:	39
6.5.6	Análisis de resultados:.....	40
6.6	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	40
6.7	CONSIDERACIONES ÉTICAS	41
7.	RESULTADOS.....	42
8.	DISCUSIÓN	45
9.	RECOMENDACIONES	48
10.	CONCLUSIÓN.....	49
11.	REFERENCIAS	50

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Cuadro operacional de las variables.	34
Tabla 2. Resultado de resistencia al cizallamiento de botones de resina con adhesivo Zafira Bond® y Single Bond™ Universal – 3M.....	43

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Elaboración de bloques en resina acrílica	35
Gráfico 2. Preparaciones dentales.....	36
Gráfico 3. Aplicación de desmineralizaste dental.....	36
Gráfico 4. Grupo adhesivo Single Bond™ Universal – 3M.....	36
Gráfico 5. Aplicación de adhesivo, fotopolimerización.	37
Gráfico 6. Grupo adhesivo Zafira Bond®	37
Gráfico 7. Aplicación de adhesivo, fotopolimerización.	38
Gráfico 8. Arandela metálica, elaboración de botón de resina.....	38
Gráfico 9. Termocido de muestras.....	39
Gráfico 10. Maquina universal de ensayo	39
Gráfico 11. Proceso de cizallamiento de muestras	40
Gráfico 12. Fuerza máxima.....	43
Gráfico 13. Esfuerzo máximo.....	44
Gráfico 14. Extensión.....	44

GLOSARIO

BISGMA (Bisfenol A Glicidil Metacrilato): Uno de los monómeros principales en los composites dentales, conocido por su alta viscosidad y rigidez. Es el responsable de proporcionar estabilidad mecánica y resistencia en las restauraciones dentales, pero también tiene potencial de liberar bisfenol A (BPA) en pequeñas cantidades.

HEMA (Hidroxietil Metacrilato): Un monómero hidrofílico utilizado en adhesivos dentales y materiales de recubrimiento. Tiene buena capacidad de penetración en la dentina desmineralizada y es clave en la formación de capas híbridas en los procedimientos adhesivos, aunque puede tener cierta citotoxicidad.

MDP 10: Metacriloidecilo dihidrógeno fosfato.

Mdp-Ca: Metacriloidecilo dihidrógeno fosfato+calcio de la hidroxiapatita.

MPa: medida de una fuerza en megapascales.

TEGDMA (Trietilenglicol Dimetacrilato): Un monómero utilizado como diluyente en resinas dentales para mejorar la manipulación y la fluidez de los compuestos. Aunque mejora la trabajabilidad, puede contribuir a la contracción por polimerización y a la liberación de compuestos potencialmente citotóxicos.

UDMA (Uretano Dimetacrilato): Un monómero utilizado en resinas dentales. Ofrece flexibilidad y durabilidad, mejorando las propiedades mecánicas y reduciendo la contracción por polimerización en los materiales de restauración dental.

μTBS: resistencia a la micro tracción.

2. INTRODUCCIÓN

En el campo de la odontología restauradora, el desarrollo de adhesivos dentales ha revolucionado las técnicas y los materiales utilizados para restaurar la estructura dental comprometida. La eficacia y durabilidad de las restauraciones dentales dependen de la adhesión efectiva entre el material restaurador y la superficie dental, lo que hace que la investigación y la evaluación de diferentes adhesivos sean vitales. (1,2)

En este contexto, el termociclaje y el cizallamiento han surgido como herramientas valiosas para evaluar la adhesión de los materiales restauradores a los tejidos dentales. El termociclaje simula las condiciones de estrés térmico a las que están expuestas las restauraciones dentales en la cavidad oral, lo que permite evaluar la estabilidad y la resistencia de los materiales adhesivos frente a los cambios de temperatura. Por otro lado, el cizallamiento ofrece una metodología precisa para medir las fuerzas de adhesión entre la restauración y el diente mediante la aplicación de cargas controladas en una escala microscópica. (2,3)

El objetivo de esta investigación es comparar dos adhesivos dentales de diferente composición mediante pruebas de termociclaje y cizallamiento, con el fin de determinar su rendimiento en términos de adhesión y estabilidad a largo plazo. Se seleccionaron dos adhesivos representativos de diferentes categorías de composición, como adhesivos convencionales y adhesivos de última generación, para examinar sus propiedades adhesivas en condiciones simuladas de estrés térmico y en escala microscópica. (4)

Los resultados de este estudio proporcionaron información valiosa sobre la eficacia relativa de los adhesivos evaluados y su capacidad para resistir las condiciones adversas en la cavidad oral. Además, ayudarán a mejorar nuestra comprensión de los factores que influyen en la adhesión de las restauraciones dentales y a orientar

la selección de materiales adhesivos para optimizar la calidad y la durabilidad de las restauraciones dentales. (5)

Por lo anteriormente expuesto, esta investigación busca contribuir al avance de la odontología restauradora al proporcionar evidencia científica sobre la eficacia comparativa de los adhesivos dentales bajo condiciones de estrés térmico y cargas de cizallamiento, con implicaciones importantes para la práctica clínica y el desarrollo de nuevos materiales y técnicas en este campo. (5,6)

El principal reto en el proceso de restauración es compensar el efecto de la contracción de polimerización, por lo cual para los diferentes sistemas adhesivos es importante el paso del tiempo (7). A pesar de la estabilidad adhesiva lograda sobre el esmalte dental, estudios respecto a la adhesión en sustrato dentinario revelan que los mecanismos adhesivos pueden resultar sensibles, impredecibles e incluso inestables (7,8)

Actualmente, la odontología restauradora se encamina en la investigación y mejora de los materiales, protocolos de restauración y adhesión por la necesidad de solucionar diferentes piezas dentales afectadas de una u otra forma, para realizar una odontología conservadora y dejar atrás técnicas en las que se tenía que eliminar gran parte de tejido sano para dar una mejor retención (5); pero estos sistemas tienen limitaciones en cuanto al sellado marginal entre las paredes dentales y el material, esto obedece a que existe una contracción en la fotopolimerización (9).

A pesar de los avances en la tecnología de las resinas compuestas, el cizallamiento sigue siendo una preocupación importante en la odontología restauradora. La resistencia al cizallamiento de las restauraciones de resina puede verse comprometida por factores como la técnica de colocación, la composición del material, la preparación del sustrato dental y las fuerzas oclusales durante la función masticatoria. La falta de comprensión completa de los mecanismos subyacentes y la falta de consenso en cuanto a los métodos de evaluación y estándares de referencia dificultan aún más la optimización de las restauraciones de resina en términos de resistencia al cizallamiento y longevidad clínica. (10)

Sano et al en 1994 (6) introdujo la llamada prueba de resistencia de la unión cizallamiento (μ TBS) para medir las resistencias de unión de muestras unidas a pequeñas áreas de superficie, con el fin de evaluar la propiedad de tracción de la dentina a adhesivos y por lo tanto a restauraciones con resina (7). El paso del tiempo sobre las restauraciones es reproducible con el uso del termociclador, que es un equipo de laboratorio que permite la secuencia de ciclos de temperatura, necesarios para simular el envejecimiento de las resinas y evaluar el grado de microfiltración que se produce cuando el material restaurador es sometido al factor tiempo (11)

La sustitución de las superficies restauradas en odontología se lleva a cabo cuando presentan decoloración o desgaste y han alcanzado el final de su vida útil en el servicio.(8) Por lo tanto, puede decirse que el paso del tiempo se asocia a la fuerza de adhesión de las reparaciones y por ende a su efectividad, con el respectivo impacto en materia de salud oral, que implicarían los costos y consecuencias dentro de los procesos de atención en caso de requerirse unas reintervenciones con menor periodicidad. Por lo anterior el presente estudio tiene como propósito determinar la resistencia de unión al cizallamiento de dos sistemas de adhesivos dentales, después de ser sometidos a termociclaje.(12)

3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La resistencia al cizallamiento de los adhesivos dentales es un factor crítico para garantizar la durabilidad y la eficacia de las restauraciones en odontología. En particular, los adhesivos Zafira Bond y Single Bond Universal de 3M, utilizados en la práctica clínica, son sometidos a condiciones que imitan el entorno bucal, como el termociclaje, para evaluar su desempeño bajo cambios de temperatura que simulan las condiciones reales en la boca. Sin embargo, existe una incertidumbre respecto a cuál de estos dos adhesivos presenta un mejor comportamiento frente a tales condiciones, lo que plantea un problema significativo para la toma de decisiones clínicas.

La resistencia al cizallamiento mide la capacidad de un adhesivo para soportar fuerzas de deslizamiento, un aspecto crucial para mantener la integridad de las restauraciones. La identificación del adhesivo más resistente es esencial para prolongar la vida útil de los tratamientos dentales y reducir el riesgo de fallos en las restauraciones, lo que puede llevar a intervenciones adicionales y, en consecuencia, a aumentar los costos para los pacientes. Este problema adquiere una gran magnitud, ya que el uso de un adhesivo menos resistente puede comprometer la calidad del tratamiento odontológico, afectando la satisfacción y la calidad de vida de los pacientes.

Varios factores influyen en la resistencia al cizallamiento de los adhesivos, entre ellos, la composición química de los productos y la técnica de aplicación utilizada. Asimismo, las variaciones de temperatura como la función masticatoria en la cavidad bucal, puede afectar significativamente la integridad de los adhesivos. Es necesario considerar también la interacción entre el adhesivo y el material restaurador, ya que esta relación puede influir en el comportamiento final del adhesivo bajo condiciones de estrés.

El fracaso en identificar el adhesivo con mayor resistencia podría derivar en una mayor tasa de fallos en las restauraciones dentales, con consecuencias adversas tanto para los pacientes como para los profesionales de la salud bucal. Para abordar este problema, es fundamental realizar una revisión exhaustiva de la literatura existente, llevar a cabo pruebas experimentales de cizallamiento en muestras sometidas a termociclaje y analizar los resultados de manera comparativa mediante métodos estadísticos rigurosos. Así se pudo determinar objetivamente cuál de los dos adhesivos actuales en el mercado ofrece mayor resistencia real en la cavidad bucal.

A pesar de la existencia de estudios sobre adhesivos dentales y su resistencia bajo diferentes condiciones, la comparación específica entre Zafira Bond y Single Bond Universal de 3M tras someterse a pruebas de termociclaje no ha sido suficientemente explorada. Este vacío en el conocimiento representa una oportunidad para realizar una investigación que no solo contribuya a la ciencia odontológica, sino que también tenga un impacto directo en la práctica clínica.

La pertinencia de esta investigación radica en su capacidad para mejorar la calidad de los tratamientos odontológicos al identificar el adhesivo más resistente. Desde una perspectiva social, garantizar la durabilidad de las restauraciones dentales puede mejorar significativamente la calidad de vida de los pacientes, al reducir la necesidad de tratamientos adicionales y aumentar la satisfacción con los resultados. Además, esta investigación podría establecer un protocolo estándar para la evaluación de adhesivos dentales bajo condiciones de termociclaje, aportando tanto teórica como metodológicamente al campo de la odontología. Los potenciales beneficiarios de esta investigación incluyen a odontólogos, pacientes, investigadores y fabricantes de materiales dentales, quienes podrán utilizar los resultados para tomar decisiones más informadas y mejorar la calidad de los productos y servicios ofrecidos. El propósito último de este estudio es determinar cuál de los dos adhesivos, Zafira Bond® o Single Bond™ Universal - 3M, proporciona una mayor resistencia al cizallamiento después de someterse a

termociclaje, guiando así a los profesionales en la elección del material más adecuado para sus prácticas clínicas.

3.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es la resistencia al cizallamiento de dos tipos de adhesivos Zafira Bond® o Single Bond™ ¿Universal – 3M, después de ser sometidos a termociclaje en un estudio in vitro?

4. MARCO TEÓRICO

4.1 Adhesión en Odontología.

La adhesión en odontología se refiere al proceso de unión de materiales restauradores dentales al tejido dental natural. Los adhesivos dentales son agentes químicos que promueven la unión entre la restauración y la estructura dental, lo que mejora la retención y la resistencia de la restauración. Estos adhesivos pueden clasificarse según su modo de aplicación (grabado total, grabado selectivo, autoacondicionante) y su composición química. La adhesión dental es esencial para la longevidad y el éxito de las restauraciones dentales, ya que una unión deficiente puede dar lugar a filtraciones marginales, sensibilidad postoperatoria y fracaso de la restauración. (7,13)

4.2 Inicio de la Era de la Adhesión (1950-1970).

Durante este período, los dentistas dependían principalmente de métodos mecánicos de retención, como las preparaciones dentales con forma de caja y los postes y muñones, para asegurar las restauraciones.

La adhesión se basaba en el uso de cementos dentales, como el óxido de zinc eugenol, que proporcionaban una unión principalmente química y mecánica con la estructura dental. (1)

4.3 Desarrollo de Adhesivos Dentales (1970-1980).

Se introdujeron los primeros adhesivos dentales, que permitían una unión más efectiva entre los materiales restauradores y el diente.

Los adhesivos de primera generación se basaban en la técnica de grabado ácido, que implicaba la aplicación de ácido fosfórico para crear microrretenciones en el esmalte dental y mejorar la adhesión.

Los adhesivos de este período aún presentaban limitaciones en términos de durabilidad y resistencia a largo plazo. (9)

4.4 Avances en Adhesivos Dentales (1980-1990).

Se desarrollaron adhesivos de segunda generación, conocidos como sistemas de grabado total, que mejoraron la unión tanto al esmalte como a la dentina.

Estos adhesivos incorporaban monómeros hidrofílicos y bifuncionales que permitían una adhesión química más efectiva a la estructura dental.

La técnica de grabado selectivo, que consiste en el uso de agentes acondicionadores específicos para el esmalte y la dentina, se introdujo para optimizar la adhesión y minimizar la sensibilidad postoperatoria. (10)

4.5 Era de los Adhesivos de Grabado Selectivo (1990-2000).

Se desarrollaron adhesivos de tercera generación que simplificaron la técnica de grabado selectivo al combinar agentes acondicionadores en un solo paso.

Los adhesivos de este período presentaban una mayor resistencia a la degradación química y ofrecían una adhesión más confiable y duradera.

Surgieron sistemas adhesivos específicos para su uso en restauraciones directas e indirectas, como las incrustaciones y las carillas de porcelana. (10)

4.6 Adhesión Actual (2000 en adelante).

La adhesión en odontología ha evolucionado hacia sistemas adhesivos de cuarta y quinta generación, que presentan una mayor versatilidad y rendimiento.

Se han introducido técnicas adhesivas de autograbado, que eliminan la necesidad de grabado ácido previo y simplifican el procedimiento de aplicación. (11)

La investigación continúa enfocándose en mejorar la durabilidad de la unión adhesiva, especialmente en situaciones clínicas desafiantes, como la adhesión a tejidos dentales desmineralizados o contaminados. (11)

4.7 Adhesivos y sus generaciones.

4.7.1 Primera Generación.

Adhesivos de Resina Acrílica: Fueron los primeros adhesivos utilizados en odontología. Consistían en resinas acrílicas autopolimerizables que proporcionaban una adhesión química al esmalte y dentina. Sin embargo, presentaban limitaciones en términos de retención y resistencia a largo plazo. (12)

4.7.2 Segunda Generación.

Adhesivos con Grabado Ácido: Introdujeron el uso de ácido fosfórico para el acondicionamiento ácido de la superficie dental. Estos adhesivos permitían una mejor unión micromecánica al esmalte y dentina, mejorando la retención de las restauraciones. Sin embargo, todavía presentaban problemas de sensibilidad postoperatoria y retención a largo plazo. (12)

4.7.3 Tercera Generación.

Adhesivos de Grabado Total: Estos adhesivos combinaban el acondicionamiento ácido del esmalte y dentina en un solo paso. Introdujeron agentes de unión que mejoraron la resistencia adhesiva y redujeron la sensibilidad postoperatoria. Sin embargo, seguían siendo sensibles a la contaminación y presentaban problemas de retención a largo plazo. (12)

4.7.4 Cuarta Generación.

Adhesivos de Grabado Total con Primer y Adhesivo Separados: Dividieron el proceso de adhesión en dos pasos: la aplicación de un primer y un adhesivo. Esto permitió una mejor penetración del agente de unión en la estructura dental y mejoró la resistencia adhesiva. Sin embargo, aún requerían un manejo meticuloso y estaban sujetos a problemas de contaminación. (13)

4.7.5 Quinta Generación.

Adhesivos de Grabado Selectivo: Estos adhesivos introdujeron la opción de un grabado selectivo, donde solo se aplicaba ácido fosfórico en la dentina y no en el esmalte. Esto redujo el riesgo de sensibilidad postoperatoria y mejoró la adhesión a

largo plazo. Sin embargo, todavía requerían un manejo cuidadoso y podían ser sensibles a la contaminación. (14)

4.7.6 Sexta Generación.

Adhesivos Autograbadores y Universales: Los adhesivos autograbadores eliminaron la necesidad de acondicionamiento ácido previo y simplificaron el proceso de aplicación. Los adhesivos universales ampliaron la gama de sustratos a los que podían unirse, incluyendo esmalte, dentina, metal y cerámica. Estos adhesivos ofrecen una adhesión confiable, versatilidad y facilidad de uso. (14)

4.7.7 Adhesivos de séptima generación.

Son los verdaderos adhesivos de un solo paso de autograbado o adhesivos todo en uno, que combinan las tres funciones de grabado, imprimación y adhesión en un solo paso de aplicación sin una fase de enjuague con agua. (15)

Este adhesivo de un paso contiene ésteres metacrílicos de ácido fosfórico como monómeros funcionales disueltos en agua, los monómeros como el fosfato de di-hema no son muy estables en el agua; el adhesivo incluso contenía ácido fosfórico puro, lo que explica su baja acidez y su fuerte rendimiento de autograbado, la fuerza de unión de esta generación es de 18 - 35 MPa. (14)

4.7.8 Adhesivos de octava generación.

Los adhesivos universales de octava generación aparecieron después de un estudio de cementos de la casa kuraray donde crearon la molécula 10 mdp la cual la introdujeron en el primer adhesivo universal clearfil universal (Kuraray)®, este agente presento partículas nanométricas con una medida de 12 nm lo que genera mayor penetración de los monómeros de resina en la dentina formando una capa híbrida, que presenta una mayor resistencia a la degradación por sus componentes: Son primers que son monómeros hidrofílicos y son transportados por un solvente, el 10 MDP ,relleno, solventes. (2)

El monómero 10 -MDP (10-Metacriloxidecil dihidrógeno fosfato), es hidrofóbico lo que quiere decir que tiene menor probabilidad de absorber agua, también se une con el calcio de la hidroxiapatita, formando sales de Mdp-Ca estas sales son

resultantes de una adhesión química que genera enlaces más resistentes a la degradación en comparación con los adhesivos de las anteriores generaciones. (3)

4.8 Zafira Bond.

4.8.1 Generalidades del producto.

Zafira Bond es un adhesivo dental fotopolimerizable de última generación que combina agente grabador, primer y adhesivo en un solo frasco. Es un agente de unión con base de agua y etanol que se adhiere a la dentina y al esmalte. El uso previo de un agente grabador es opcional en ambos sustratos, esmalte y dentina, por lo tanto, el adhesivo puede ser utilizado de tres modos: autograbador, grabado selectivo o grabado total (esmalte y dentina). El producto puede ser utilizado para unir restauraciones directas e indirectas hechas de resina compuesta y compómero fotocurable a dentina y esmalte. (20)

4.8.2 Información de composición.

Zafira Bond® contiene UDMA, TEGDMA, BISGMA, HEMA (UDMA, TEGDMA, BISGMA, HEMA), monómero ácido (10-MDP), etanol, agua, nanopartículas de sílice, iniciadores y estabilizadores. (20)

4.8.3 Propiedades del producto.

- Elevada resistencia adhesiva.
- Contiene nanopartículas de sílice tratada, proporcionando mayor estabilidad y resistencia a la película adhesiva.
- Presenta características químicas que garantizan la calidad de la polimerización (incluso en ambiente con alta humedad) y consecuente longevidad de la película adhesiva.
- Sistema con solventes y monómeros balanceados que confieren una elevada afinidad por la superficie de la dentina húmeda y desmineralizada, contribuyendo a la penetración adecuada del adhesivo y formación de una buena capa híbrida, resultando así en elevada fuerza adhesiva y calidad de adhesión.

- Combinación de primer y adhesivo en el mismo frasco, simplificando las etapas. (20)

4.8.4 Uso y aplicaciones.

Zafira Bond® es un producto de uso profesional odontológico indicado para restauraciones directas e indirectas con materiales fotopolimerizables y para el tratamiento de sensibilidad cervical. Las principales indicaciones del producto son:

- Adhesión de restauraciones directas de resina compuesta y compómero fotopolimerizable.
- Adhesión de reconstrucciones de muñón de materiales fotopolimerizables compuestos.
- Reparación de obturaciones de resina fotopolimerizable y compómero fracturadas.
- Sellado de cavidades antes de las restauraciones con amalgama.
- Sellado inmediato de la dentina de las superficies preparadas del diente antes de la cementación provisional/permanente de restauraciones indirectas.
- Cementación adhesiva de restauraciones indirectas de resina o compómero fotopolimerizable.
- Barniz protector para restauraciones de ionómero de vidrio.
- Desensibilización de áreas cervicales. (20)

4.9 Single Bond Universal 3M.

Single Bond Universal es un adhesivo dental universal usado en muchos sustratos dentales y materiales restauradores. Este adhesivo ofrece la flexibilidad de ser utilizado en técnicas de grabado total, grabado selectivo o grabado autoacondicionante, lo que lo hace adecuado para una variedad de procedimientos

clínicos en rehabilitación oral. Single Bond Universal contiene agentes de unión que promueven la adhesión química al esmalte y la dentina, así como a otros materiales restauradores como resinas compuestas, cerámicas y metales. (16)

4.9.1 Ventajas.

- Tecnología de nanorelleno patentada que evita que el relleno se sedimente; no necesita agitar antes de usar.
- Su solvente de etanol/agua es menos volátil que el de los adhesivos con base de acetona, menos desperdicio y un desempeño más homogéneo.
- Contiene copolímero Vitrebond permitiendo una buena adhesión en dentina húmeda.
- Botella anaranjada translúcida que permite ver la cantidad de producto remanente.
- Versátil, indicado para restauraciones directas e indirectas
- Su tapa abatible (Flip-top) se cierra herméticamente minimizando la evaporación: menos desperdicio y un desempeño más homogéneo. (16)

4.9.2 Indicaciones de Uso.

- Restauraciones directas adhesión de resinas compuestas foto polimerizables
- Reparación de porcelana/resina
- Desensibilización de superficies radiculares
- Adhesión de restauraciones indirectas en combinación con cemento de resina. (16).

4.10 Mecanismos primarios de la adhesión.

4.10.1 Adhesión micromecánica:

La adhesión micromecánica implica la formación de una unión física entre el adhesivo dental y la superficie del diente. Este proceso se basa en la retención mecánica a través de la interdigitación microscópica entre el adhesivo y las estructuras del diente. (17)

Esmalte: En el esmalte dental, la adhesión micromecánica se logra mediante la penetración de los monómeros del adhesivo en los microporos y prismas del esmalte, creando un enlace mecánico.

Dentina: En la dentina, la adhesión micromecánica implica la infiltración de los monómeros del adhesivo en los túbulos dentinarios expuestos, así como la formación de tags o "etiquetas" dentro de los túbulos, lo que proporciona retención mecánica. (8)

4.10.2 Adhesión química:

La adhesión química implica la formación de enlaces químicos entre el adhesivo y los componentes de la superficie dental. Esto se logra a través de la interacción de grupos funcionales del adhesivo con grupos químicos presentes en el esmalte y la dentina. (18)

Esmalte: En el esmalte, la adhesión química puede ocurrir mediante la formación de enlaces de hidrógeno, enlaces iónicos y/o enlaces covalentes entre los grupos funcionales del adhesivo y los grupos químicos expuestos en la superficie del esmalte.

Dentina: En la dentina, la adhesión química implica la interacción de los monómeros del adhesivo con los grupos hidroxilos (-OH) y los grupos de colágeno expuestos en la superficie dentinaria, formando complejos de enlace químico. (19)

4.11 Termociclaje.

El termociclaje es una técnica de laboratorio utilizada para evaluar la estabilidad de los materiales dentales frente a los cambios de temperatura que ocurren en la cavidad oral. Este proceso simula las condiciones de estrés térmico a las que están expuestas las restauraciones dentales en la boca del paciente. El termociclaje implica ciclos repetidos de inmersión en agua a diferentes temperaturas, que pueden oscilar entre temperaturas sub-ambientales y superiores a la temperatura corporal. Esta técnica permite evaluar la resistencia de los adhesivos y la integridad de las restauraciones bajo condiciones simuladas de la cavidad oral a largo plazo. (121)

4.11.1 Características de la Máquina de Termociclado

Cámaras de Temperatura: La máquina cuenta con dos o más cámaras de temperatura que contienen baños de agua a diferentes temperaturas, generalmente una cámara con agua fría (aproximadamente 5°C) y otra con agua caliente (aproximadamente 55°C).

- **Control de Ciclos:** Un sistema de control que permite programar el número de ciclos, la duración de la inmersión en cada baño y el tiempo de transferencia entre las cámaras. Los ciclos pueden variar, pero comúnmente se realizan entre 500 y 10,000 ciclos para simular el envejecimiento del material.
- **Mecanismo de Transferencia:** Un mecanismo automatizado que transfiere las muestras de una cámara a otra. Este mecanismo asegura que las muestras se sometan a los cambios de temperatura de manera rápida y consistente.

- **Registro de Datos:** Algunas máquinas tienen sistemas de registro de datos para monitorear y registrar las temperaturas y tiempos de cada ciclo, lo que proporciona un control preciso y repetible del proceso de termociclado.

4.11.2 Proceso de Termociclado

El termociclado simula los efectos del envejecimiento térmico en los materiales dentales. Aquí hay una descripción general del proceso:

Preparación de Muestras: Las muestras de material dental (por ejemplo, resinas compuestas, cementos dentales, coronas, etc.) se preparan y, a menudo, se cementan sobre sustratos apropiados como dientes humanos o modelos de resina.

Inmersión Inicial: Las muestras se colocan en una cesta o soporte diseñado para facilitar su transferencia entre los baños de agua.

Ciclo de Temperatura:

- Las muestras se sumergen en el baño de agua fría (5°C) durante un tiempo predeterminado (por ejemplo, 30 segundos).
- Luego, se transfieren rápidamente al baño de agua caliente (55°C) y se mantienen durante el mismo tiempo.
- Este proceso se repite para el número total de ciclos establecidos en el protocolo experimental (por ejemplo, 1,000 ciclos).

Finalización del Ciclo: Después de completar el número requerido de ciclos, las muestras se retiran y se secan.

Evaluación de Resultados: Las muestras se evalúan para detectar cambios en las propiedades físicas y mecánicas, como la resistencia al cizallamiento, la microdureza, la integridad de la unión, la formación de grietas, etc.

4.11.3 Consideraciones en el Proceso de Termociclado.

Número de Ciclos: El número de ciclos de termociclado debe ser suficiente para simular el envejecimiento clínico, pero sin ser excesivo para evitar la degradación no representativa del material.

Duración de la Inmersión: La duración de la inmersión en cada baño debe ser suficiente para permitir la transferencia de calor a las muestras sin provocar un choque térmico extremo que no ocurriría en condiciones clínicas.

Control de Temperatura: Es fundamental mantener las temperaturas de los baños de agua dentro de un rango estrecho para asegurar la consistencia y repetibilidad del experimento.

4.12 Cizallamiento.

El cizallamiento es un tipo de fuerza o estrés que actúa en un material o estructura provocando un desplazamiento relativo entre dos partes de esta que se deslizan en direcciones opuestas pero paralelas entre sí. En otras palabras, el cizallamiento se produce cuando se aplica una fuerza que intenta cortar o deformar un material a lo largo de un plano paralelo a su superficie. Este fenómeno es comúnmente observado en materiales como los metales, los suelos, los líquidos y también en algunas estructuras y restauraciones dentales, donde puede afectar su estabilidad y resistencia. (19)

4.12.1 Características de la Máquina de Cizallamiento

Célula de Carga: Una célula de carga de alta precisión que mide la fuerza aplicada a la muestra. Esta fuerza se registra en tiempo real durante la prueba.

Mecanismo de Aplicación de Fuerza: Un mecanismo que aplica una fuerza controlada y uniforme a la muestra, normalmente mediante un pistón o un husillo de avance.

Soporte de Muestras: Un soporte específico que asegura las muestras de manera adecuada para que la fuerza se aplique de manera precisa y consistente. Este soporte puede adaptarse a diferentes tamaños y formas de muestras.

Sistema de Control: Un sistema de control computarizado que permite programar la velocidad de aplicación de la fuerza y registrar los datos de la prueba. Esto garantiza la repetibilidad y precisión de los ensayos.

4.12.2 Proceso de Prueba de Cizallamiento

Preparación de Muestras: Las muestras se preparan adhiriendo el material de prueba (por ejemplo, una resina compuesta) a un sustrato, que puede ser un diente natural o un modelo de resina. Es crucial que la unión sea uniforme y esté correctamente curada si se trata de materiales que requieren fotopolimerización.

Montaje en la Máquina:

- Las muestras se montan en el soporte de la máquina de cizallamiento.
- Se asegura que la interfaz adhesiva (la unión) esté correctamente alineada con el punto de aplicación de la fuerza.

Configuración de Parámetros:

- Se configuran los parámetros de la prueba, como la velocidad de aplicación de la fuerza (comúnmente en mm/min).

- Se establece el rango de fuerza esperado según el material y la literatura previa.

Aplicación de Fuerza:

- La máquina aplica una fuerza creciente en una dirección específica (generalmente perpendicular a la superficie de unión) hasta que se produce el fallo de la unión.
- La fuerza máxima registrada antes de la ruptura se denomina fuerza de cizallamiento máxima.

Registro de Datos:

- Los datos de la fuerza aplicada y el desplazamiento se registran en tiempo real.
- Se genera una curva fuerza-desplazamiento que permite analizar el comportamiento del material bajo carga.

Análisis de Resultados:

- La resistencia al cizallamiento se calcula dividiendo la fuerza máxima registrada por el área de unión.
- Se realizan análisis adicionales para evaluar el tipo de fallo (adhesivo, cohesivo, mixto) mediante inspección visual o microscopía.

4.12.3 Consideraciones en la Prueba de Cizallamiento

Condiciones Ambientales: Es importante controlar las condiciones ambientales (temperatura, humedad) durante las pruebas para obtener resultados consistentes.

Preparación Uniforme de Muestras: La variabilidad en la preparación de las muestras puede afectar significativamente los resultados, por lo que se deben seguir protocolos estrictos.

Repetibilidad y Reproducibilidad: Realizar múltiples ensayos y asegurar que las condiciones de prueba sean replicables es crucial para obtener datos fiables.

5. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

Comparar la resistencia al cizallamiento de dos sistemas adhesivos en especímenes dentales humanos después de ser sometidos a envejecimiento por termociclaje.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la resistencia al cizallamiento del sistema adhesivo Zafira Bond® universal después de ser sometidos a 5.000 ciclos de termociclado.
- Determinar la resistencia al cizallamiento del sistema adhesivo Single Bond™ Universal – 3M después de ser sometidos a 5.000 ciclos de termociclado.

6. METODOLOGÍA

6.1 DISEÑO DEL ESTUDIO

Estudio experimental *in vitro*.

6.2 POBLACIÓN OBJETIVO

Premolares y terceros molares, extraídos por motivos ortodónticos o protésicos, de pacientes atendidos en UNICOC pregrado y posgrado, como también de clínicas dentales las cuales accedieron a colaborar en el proyecto.

6.2.1 Criterios de selección

6.2.1.1 Criterios de inclusión.

- Premolares y terceros molares.
- Ausencia de historia de fracturas, caries previas en la superficie.
- Presencia de ápice completamente cerrado.

6.2.1.2 Criterios de exclusión.

- Dientes con fluorosis dental.
- Dientes con restauraciones previas.
- Dientes con caries.
- Dientes con fracturas dentales.
- Dientes con anomalías de forma.

6.3 TAMAÑO DE MUESTRA Y DISEÑO DE MUESTREO

6.3.1 Cálculo del tamaño de muestra.

Se calculó la necesidad de una muestra de 30 unidades de análisis para observar una diferencia de medias de 3 MPa con una desviación estándar promedio de 2,9 MPa, para un poder de 80% con un nivel de confianza del 95%.

6.3.2 Diseño de muestreo.

Población Objetivo:

Dientes disponibles para estudios *in vitro*.

Método de Muestreo:

En este proyecto se utilizó el método de muestreo aleatorio simple para seleccionar las muestras a ser evaluadas. Este método asegura que todas las unidades de la población tienen la misma probabilidad de ser elegidas, lo que garantiza la imparcialidad y evita sesgos en la asignación de las muestras.

Se seleccionaron 30 muestras, de las que se formaron dos grupos de 15 muestras cada uno. Las muestras fueron numeradas del 1 al 30, y luego se utilizó el programa Excel de generación de números aleatorios para asignar cada muestra a uno de los dos grupos de manera equitativa. El primer grupo se sometió al adhesivo Single Bond™ Universal – 3M, mientras que el segundo se trató con el Zafira Bond®. Este enfoque asegura que ambos grupos sean comparables y representativos de la población total.

Tamaño de la Muestra:

30 dientes en total.

División de la Muestra:

Dos grupos de 15 dientes cada uno.

Grupo 1: 15 dientes con adhesivo Zafira Bond®.

Grupo 2: 15 dientes con adhesivo Single Bond™ Universal – 3M.

6.4 DEFINICIÓN DE VARIABLES

6.4.1 Variables.

Tipo de adhesivo.

6.4.2 Cuadro operacional de las variables

Variable	Definición	Tipo de variable	Escala de Medición	Valores posibles	Fuente de información
Tipo de diente	Premolar o tercer molar superior e inferior bilateral.	Cualitativa	Nominal	-Premolar superior / inferior, derecho / izquierdo -Tercer molar superior / inferior, derecho / izquierdo	Ficha técnica del ensayo invitro- (Apartado: caracterización del espécimen)
Tipo de adhesivo	Sistema adhesivo utilizado	Cualitativa	Nominal	-autocondicionante (zafira bond de newstetic) -Autocondicionante (Single Bond Universal - 3M)	Ficha técnica del ensayo in-vitro
Fuerza de cizallamiento	Fuerza necesaria para fracturar una muestra de resina compuesta unida a una muestra de diente por medio de un adhesivo.	Cuantitativa	Numérica	de 0 MPa en adelante.	Reporte de máquina universal de ensayos mecánicos.
Tiempo de cizallamiento hasta la fractura	Cantidad de minutos de duración del cizallamiento hasta generar la falla (fractura del diente).	Cuantitativa	Continua	1 minuto	Ficha técnica del ensayo in-vitro
Localización de la falla	Área comprometida por fractura posterior al cizallamiento	Cualitativa	Nominal	-Axial -Gingival	Ficha técnica del ensayo in-vitro

Tabla 1. Cuadro operacional de las variables.

6.5 DESCRIPCIÓN DE PROCEDIMIENTOS.

6.5.1 Selección de muestras:

Se seleccionaron dientes humanos (premolares y terceros molares) extraídos con los criterios de inclusión, como ausencia de caries extensas, restauraciones previas, fracturas o anomalías estructurales, estos dientes no podrán extraerse con más de 1 mes para incluirse en esta investigación.

6.5.2 Almacenamiento de las muestras:

Se almacenaron hasta que se realizó la prueba.

Los dientes se limpiaron y desinfectaron superficialmente con solución de clorhexidina al 2%.

Se eliminaron cualquier tejido blando adherido utilizando curetas.

Se almacenaron los dientes en solución salina al 0.9% a temperatura ambiente hasta su uso para evitar la deshidratación y la degradación.

6.5.3 Preparación de las muestras:

Se fijaron los dientes en bloques de resina acrílica de autocurado asegurándose de no contaminar las muestras, también que no sobrepasara la unión amelocementaria (Fig.1).



Gráfico 1. Elaboración de bloques en resina acrílica

Se realizó una mínima preparación en la cara vestibular de cada diente con una fresa de diamante troncocónica de halo rojo, cambiando la fresa cada 3 muestras por una nueva (motor eléctrico NSK nano NLX a 10.000 revoluciones por minuto). (Fig.2).



Gráfico 2. Preparaciones dentales.

Se realizó un acabado y pulido con discos soft-lex 3M lavado profuso y secado. Se realizó acondicionamiento de la superficie con ácido ortho fosfórico al 37% (Scotch Bond Etchant de 3M) se realizó grabado selectivo en esmalte por 15 segundos y se lavó por el doble de tiempo (Fig.3).



Gráfico 3. Aplicación de desmineralizaste dental.

De forma aleatoria se crearon 2 grupos para la aplicación del sistema adhesivo, 15 dientes De (zafira bond de New Stetic) y 15 (Single Bond Universal - 3M) (Fig.4).



Gráfico 4. Grupo adhesivo Single Bond™ Universal – 3M

Al grupo #1 se le aplicó Single bond universal (15), se colocó el adhesivo con el aplicador desechable cubriendo la superficie del diente y friccionándolo 20 segundos, luego se aireó el líquido 5 segundos hasta que no se moviera y el solvente se evaporara por completo. Se foto polimerizó durante el tiempo de 20 segundos utilizando una Lámpara de Fotocurado VALO GRAND (Fig.5).

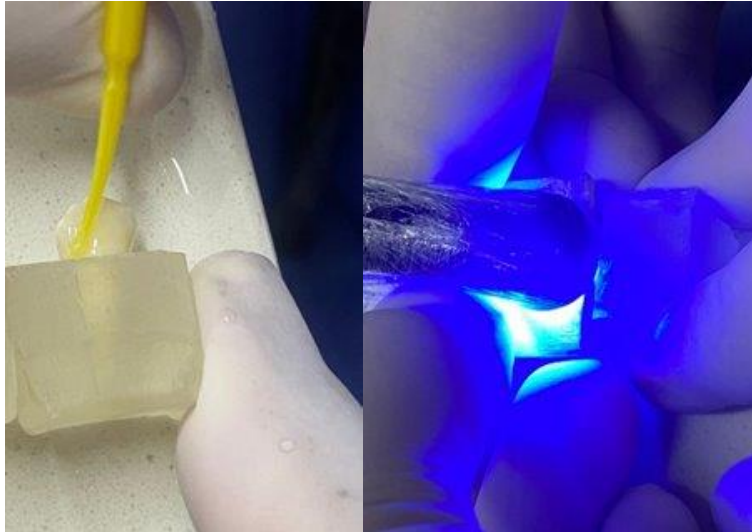


Gráfico 5. Aplicación de adhesivo, fotopolimerización.

Al grupo #2 se les aplicó Zafira Bond® de New Stetic. (Fig6).



Gráfico 6. Grupo adhesivo Zafira Bond®

Aplicación de adhesivo, se aireó por 5 segundos hasta que ya no se moviera (Fig.11), y se fotopolimerizó por 20 segundos utilizando una Lámpara de Fotocurado VALO GRAND (Fig.7).

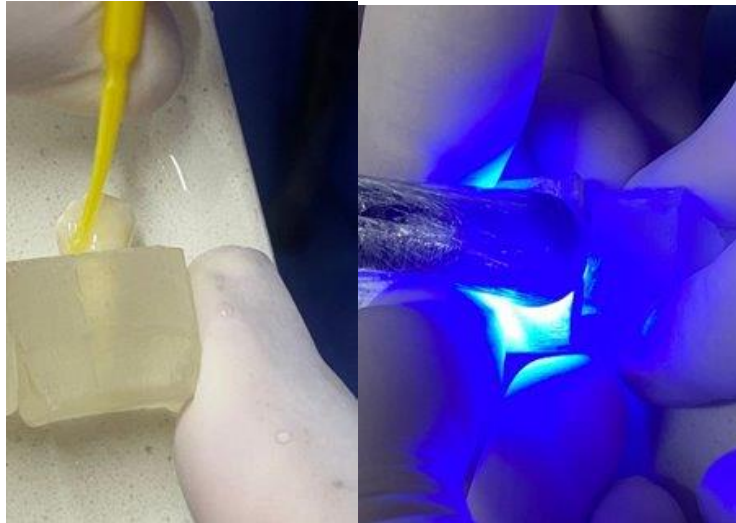


Gráfico 7. Aplicación de adhesivo, fotopolimerización.

Para estandarizar la cantidad de resina se utilizó una arandela metálica que permitió controlar el volumen de resina que se aplicó en la superficie. Restaurador Universal 3M™ Filtek™ Z350 XT, fotopolimerizadas según las indicaciones del fabricante (Fig. 8).

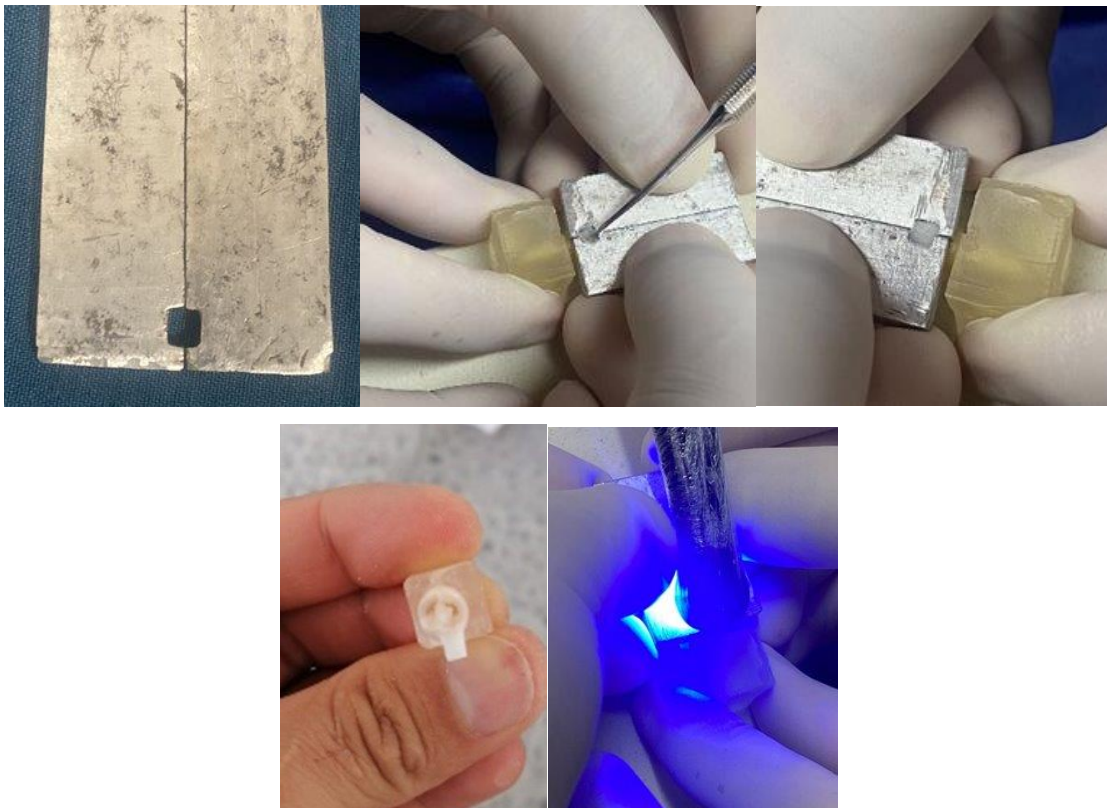


Gráfico 8. Arandela metálica, elaboración de botón de resina.

6.5.4 Termociclaje:

Se sometieron las muestras a ciclos de termociclaje en un dispositivo específico, alternando entre inmersiones en agua a 5°C y 55°C por 5 minutos cada uno, durante 5.000 ciclos para simular las condiciones de estrés térmico oral (Fig.9).



Gráfico 9. Termociclado de muestras.

6.5.5 Preparación de las muestras para cizallamiento:

Se realizó el ensayo de cizallamiento utilizando un dispositivo de ensayo universal equipado con mandíbulas adecuadas para sujetar las muestras (Fig.).



Gráfico 10. Maquina universal de ensayo

Se aplicó una fuerza de cizallamiento gradual a una velocidad constante hasta que se produjera la separación entre la resina compuesta y el tejido dental (Fig.11).



Gráfico 11. Proceso de cizallamiento de muestras

Se registró la carga máxima y se procedió a calcular la resistencia adhesiva en MPa mediante la división de la carga máxima por el área de unión.

6.5.6 Análisis de resultados:

Se registró la resistencia adhesiva y el modo de falla observado en cada muestra. Se pasó a comparar los resultados obtenidos para los diferentes adhesivos y condiciones de termociclaje.

6.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para efectuar el análisis de información, con los datos obtenidos de las fichas de ensayo in-vitro, se creó una base de datos en Excel, la cual se exportó y procesó mediante el paquete estadístico SPSS (versión 26).

Las características de los especímenes de estudio y las condiciones de adhesión y adaptación de los dos sistemas adhesivos, fueron resumidas mediante estadística descriptiva, calculando para variables cuantitativas medidas de tendencia central y

de dispersión, y para las variables cualitativas se realizaron tablas de frecuencias absolutas y relativas. Para determinar la distribución de las variables cuantitativas, se contrastó la hipótesis de normalidad, a través de la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

Se realizó una prueba de contraste de hipótesis para definir si existen diferencias significativas entre los dos grupos de adhesivos, de acuerdo con su distribución se emplearon pruebas paramétricas o no paramétricas tomando como valor de significancia un alfa menor al 5%.

6.7 CONSIDERACIONES ÉTICAS

Los investigadores involucrados en este estudio reconocen los acuerdos internacionales de bioética consignados en Helsinki y del código de Nuremberg, acogiendo además a la normativa reportada habiendo realizado el curso de normas bioéticas internacionales del NIDA y reconociendo los cuatro principios de la bioética: justicia, no maleficencia, beneficencia y autonomía.

Esta investigación se adhiere también a la regulación nacional consignada por la normativa colombiana (Resolución 8430)(18), al tratarse de un estudio de tipo experimental, realizado sobre tejido humano donado a través de consentimiento informado para uso con fines académicos dentro de un proceso de investigación, declaramos según lo enunciado en el artículo 11 de dicha resolución, que se trata de una investigación con riesgo mínimo, las cuales corresponden a: “estudios prospectivos que emplean el registro de datos a través de procedimientos comunes consistentes en: exámenes físicos o psicológicos de diagnóstico o tratamientos rutinarios, entre los que se consideran: pesar al sujeto, electrocardiogramas, pruebas de agudeza auditiva, termografías, colección de excretas y secreciones externas, obtención de placenta durante el parto, recolección de líquido amniótico al romperse las membranas, obtención de saliva, dientes deciduales y dientes permanentes extraídos por indicación terapéutica, placa dental y cálculos removidos por procedimientos profilácticos no invasores, corte de pelo y uñas sin causar desfiguración”.

Los investigadores protegen y velan por la privacidad de la información de los pacientes que donaron los especímenes para estudio, asegurando que las fichas técnicas y bases de datos que surjan de la misma poseen codificación de las unidades de análisis, en la base de datos con su estricta reserva y sin trazabilidad hacia los donantes.

En cuanto afectación del medio ambiente: se declara grupo de investigación que el presente estudio no afecta de forma directa ni indirecta el medio ambiente ni representa un riesgo para el mismo. El grupo de investigación se acoge a los lineamientos referenciados en el artículo dos del Manual de Procedimientos para la Gestión Integral de los residuos hospitalarios y similares (Resolución 1164-2002, modificada por el decreto 351 del 2014).

Los investigadores declaran además no tener conflictos de interés relacionados con la presente investigación.

7. RESULTADOS

En este estudio se evaluaron las siguientes variables: Fuerza máxima, esfuerzo y extensión (Tabla 2), donde se indican las fuerzas adhesivas arrojadas en cada grupo, para el grupo del adhesivo Zafira Bond® universal se encontró un valor de fuerza máxima promedio de 282,00 Nw y una resistencia promedio de 13,04 Mpa y para el adhesivo Single Bond™ Universal – 3M una fuerza máxima promedio de de 159,84 Nw y una resistencia promedio de 16,32 Mpa, lo que dió como resultado una diferencia no significativa puesto que el resultado de P-valor fue de 0,161 (Tabla 2).

	Zafira Bond ®					Single Bond Universal 3M					P-valor
	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desviación estándar	
Fuerza máxima	38,33	282,00	127,78	110,38	75,46	76,00	317,60	159,84	138,60	68,10	0,161
Esfuerzo máximo	3,91	28,78	13,04	11,27	7,70	7,76	32,42	16,32	14,15	6,95	0,161
Extensión	0,32	1,85	0,94	0,89	0,48	0,53	1,51	1,00	1,01	0,28	0,595

Tabla 2. Resultado de resistencia al cizallamiento de botones de resina con adhesivo Zafira Bond® y Single Bond™ Universal – 3M.

Se observó que la fuerza máxima del adhesivo Zafira Bond® universal 282,00 Nw y la del adhesivo Single Bond™ Universal – 3M 317,60 Nw teniendo una diferencia no significativa con P-valor de 0,116 (Gráfico 12) por lo tanto no existe diferencia significativa entre los dos grupos, con respecto al esfuerzo tampoco presentó diferencias significativas con P-valor de 0,116 (Gráfico 13) igualmente no presentó significancia en extensión con P-valor de 0,595 (Gráfico 14).

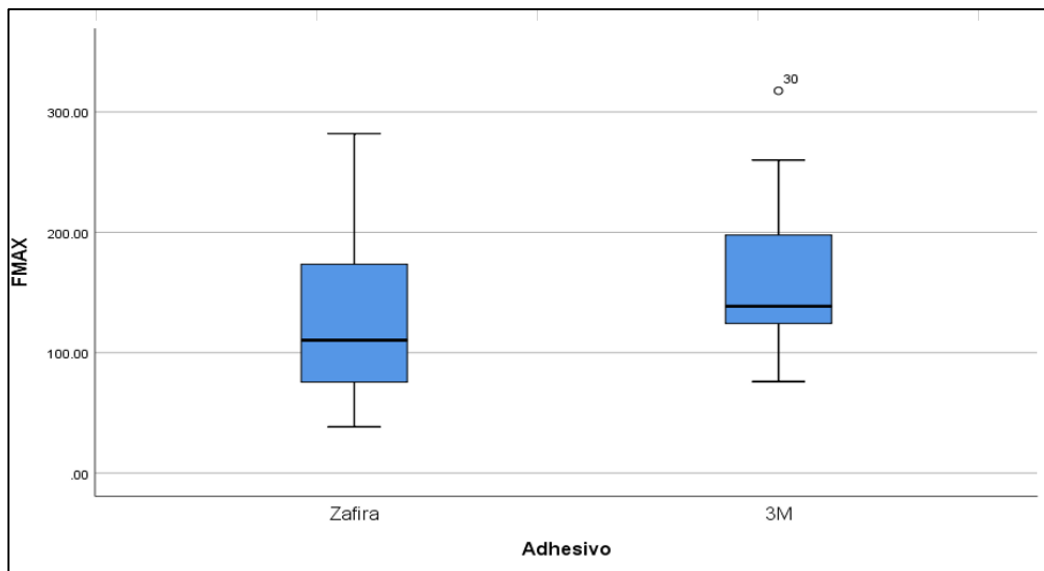


Gráfico 12. Fuerza máxima.

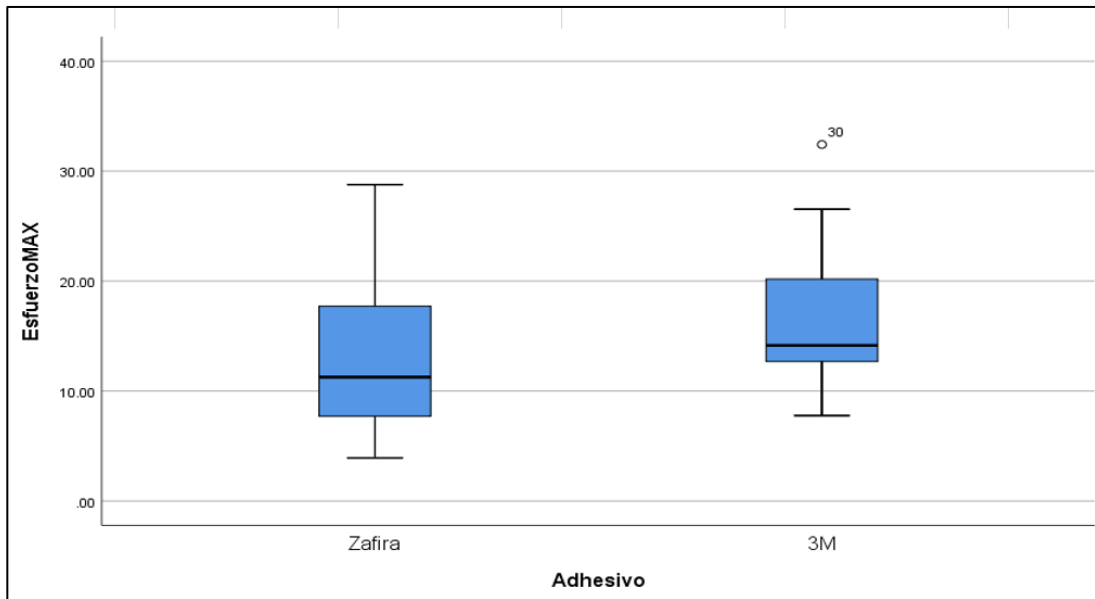


Gráfico 13. Esfuerzo máximo.

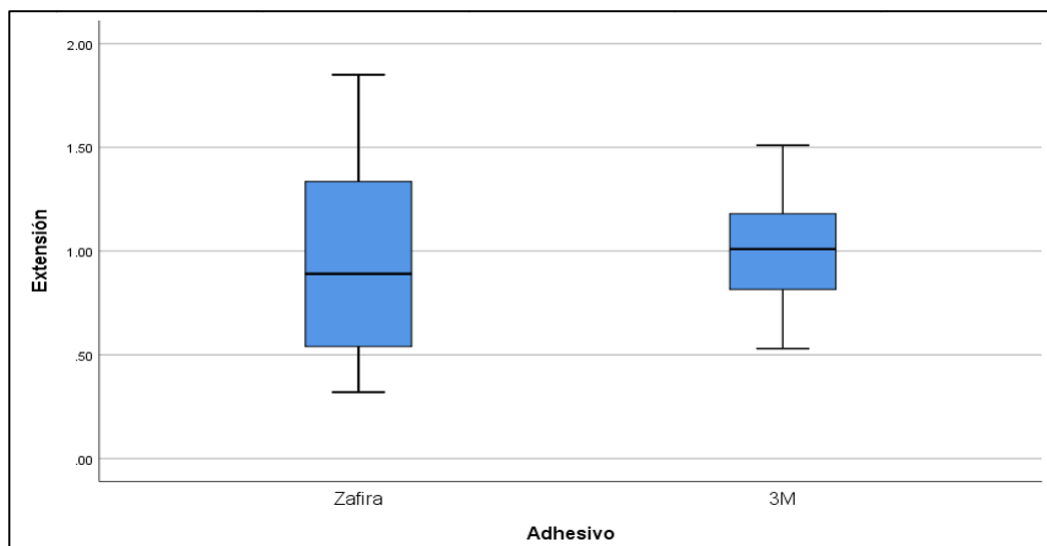


Gráfico 14. Extensión.

8. DISCUSIÓN

El presente estudio comparó el comportamiento de dos adhesivos universales, Zafira Bond® Universal y Adhesivo Single Bond™ Universal – 3M, en términos de resistencia al cizallamiento tras algunas muestras a un proceso de termociclaje, simulando las condiciones térmicas intraorales. Las 30 muestras utilizadas, divididas en dos grupos de 15, fueron preparadas siguiendo estrictos protocolos estandarizados. Aunque los resultados mostraron una ligera superioridad del adhesivo 3M en cuanto a la resistencia al cizallamiento, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre ambos adhesivos, lo que está en línea con estudios previos que indican que, a nivel clínico, las diferencias en resistencia entre diversos adhesivos universales pueden no ser significativas. 19,20

El termociclaje es una técnica ampliamente reconocida para simular las condiciones a las que se somete una restauración dental dentro de la cavidad bucal. En este estudio, se aplicaron 5.000 ciclos de termociclaje para emular las fluctuaciones de temperatura que ocurren en la boca a lo largo del tiempo. Gale y Darvell (1999) afirman que el termociclaje es un método eficaz para reproducir el estrés térmico. Sin embargo, es importante destacar que esta técnica no reproduce la totalidad del

ambiente oral, ya que no considera otros factores como el pH, las fuerzas oclusales, la presencia de saliva y bacterias, ni los hábitos alimenticios del paciente. Estas variables pueden afectar la longevidad del material restaurador y, en algunos casos, su capacidad de adhesión. 21,22

A pesar de los mejores resultados obtenidos por el adhesivo Single Bond™ Universal – 3M, la ausencia de una diferencia estadísticamente significativa en comparación con Zafira Bond® Universal podría explicarse por la homogeneización que ha ocurrido en la tecnología de los adhesivos universales en los últimos años. Estos sistemas adhesivos están diseñados para funcionar de manera eficiente independientemente de la técnica (autograbado o grabado total), del tipo de sustrato (esmalte o dentina) y de la humedad en la cavidad bucal (Esto es consistente con estudios previos que también han encontrado una equivalencia en el desempeño de diversos adhesivos universales en pruebas in vitro. (23, 24)

El protocolo de desmineralización empleado, utilizando productos específicos de cada fabricante, desempeña un papel crucial en la interacción entre el adhesivo y la estructura dental. Según Armstrong et al. (2019), la calidad del grabado ácido y la preparación de la superficie dental pueden influir considerablemente en la capacidad adhesiva de los sistemas universales. En este sentido, una aplicación precisa según las indicaciones del fabricante es clave para maximizar la efectividad de los adhesivos, lo que podría explicar la paridad de los resultados obtenidos en el presente estudio. (22)

Otra posible explicación para la falta de diferencias significativas podría estar relacionada con la técnica empleada por los operadores durante la aplicación de los adhesivos. Factores como la presión ejercida durante la aplicación, el tiempo de fotopolimerización y la correcta manipulación clínica influyen de manera importante en los resultados obtenidos con sistemas adhesivos. Esto resalta la importancia de considerar no solo las propiedades del material, sino también la variabilidad humana inherente a la práctica clínica. (25,26)

Los resultados de este estudio están en concordancia con la literatura que sugiere que las diferencias entre los adhesivos universales, cuando se evalúan en términos de resistencia al cizallamiento, pueden no ser clínicamente significativas. Estudios como el de Perdigão et al. (2012) indican que otros factores, como la compatibilidad con los diferentes materiales restauradores, la facilidad de aplicación y la manipulación clínica, pueden ser de mayor relevancia en la práctica diaria. La elección de un adhesivo, por lo tanto, no debe basarse exclusivamente en su resistencia al cizallamiento, sino también en su comportamiento clínico integral, la técnica del operador y las condiciones específicas de cada caso. 27,28.

En conclusión, aunque Single Bond™ Universal – 3M mostró una tendencia superior en cuanto a resistencia al cizallamiento, los resultados no fueron significativamente diferentes de Zafira Bond® Universal, lo que refuerza la idea de que las mejoras en los adhesivos universales han igualado el desempeño. entre diversas marcas. Sin embargo, la extrapolación de los resultados in vitro a la práctica clínica debe realizarse con cautela, teniendo en cuenta la interacción de múltiples factores que pueden influir en la durabilidad de una restauración a largo plazo. (29,30)

9. RECOMENDACIONES

Incluir una mayor variedad de sistemas adhesivos disponibles en el mercado colombiano para obtener un panorama más amplio de su comportamiento y efectividad en diferentes condiciones.

Aumentar el número de ciclos de termociclaje, simulando de manera más precisa las condiciones de estrés térmico a largo plazo en la cavidad oral por un mayor tiempo.

Realizar una descripción detallada del tipo de falla observada tras las pruebas de cizallamiento, diferenciando entre fallas cohesivas, adhesivas o mixtas para comprender mejor el modo de fracaso de cada adhesivo.

Realizar la preparación hasta dentina para que la adhesión se realice en esta superficie.

10. CONCLUSIÓN.

A pesar de que el Adhesivo Universal de 3M mostró una ligera superioridad en términos de resistencia al cizallamiento, esta diferencia no fue significativa cuando se comparó con Zafira Universal.

Este hallazgo sugiere que ambos adhesivos podrían ser opciones viables en la práctica clínica, dependiendo de otros factores más allá de la resistencia inicial al cizallamiento, como la facilidad de uso y las preferencias del clínico.

11. REFERENCIAS

1. Deren AZ, Sokolowski J, Szczesio-Wlodarczyk A, Lukomska-Szymanska M, Piwonski I, Lapinska B. moléculas Artículo Aplicación de múltiples capas de adhesivos universales y de autograbado y el efecto sobre la fuerza de adhesión de la dentina. 24:345. Disponible en: www.mdpi.com/journal/moleculesTraducidodelinglésalespañol-
www.onlinedoctranslator.com
2. Takamizawa T, Yokoyama M, Sai K, Shibasaki S, Barkmeier WW, Latta MA, et al. Effect of adhesive application method on the enamel bond durability of a two-step adhesive system utilizing a universal adhesive-derived primer. *Applied Sciences (Switzerland)*. 2 de agosto de 2021;11(16).
3. de Cardoso GC, Nakanishi L, Isolan CP, Jardim PDS, de Moraes RR. Bond stability of universal adhesives applied to dentin using etch-and-rinse or self-etch strategies. *Braz Dent J*. 1 de septiembre de 2019;30(5):467-75.
4. Kakonyi G, Mulligan S, Fairburn AW, Moharamzadeh K, Thornton SF, Walker HJ, et al. Simultaneous detection of monomers associated with resin-based dental composites using spme and hplc. *Dent Mater J*. 2021;40(4):1007-13.
5. Hervás García A, Angel M, Lozano M, Cabanes Vila J, Escribano AB, Galve PF, et al. E215 Composite resins. A review of the materials and clinical indications E216.
6. Dentistry-Adhesion-Notched-edge shear bond strength test(E) ii COPYRIGHT PROTECTED DOCUMENT. 2013.
7. Perdigão J, Araujo E, Ramos RQ, Gomes G, Pizzolotto L. Adhesive dentistry: Current concepts and clinical considerations. Vol. 33, *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. Blackwell Publishing Ltd; 2021. p. 51-68.
8. Tsujimoto A, Barkmeier WW, Teixeira EC, Takamizawa T, Miyazaki M, Latta MA. Fatigue bond strength of dental adhesive systems: Historical background of test methodology, clinical considerations and future perspectives. Vol. 58, *Japanese Dental Science Review*. Elsevier Ltd; 2022. p. 193-207.
9. Van Meerbeek B, Yoshihara K, Van Landuyt K, Yoshida Y, Peumans M. From Buonocore's Pioneering Acid-Etch Technique to Self-Adhering Restoratives. A

Status Perspective of Rapidly Advancing Dental Adhesive Technology. J Adhes Dent [Internet]. 2020;22(1):7-34. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32030373>

10. Mclean DE, Meyers EJ, Guillory VL, Vandewalle KS. Enamel bond strength of new universal adhesive bonding agents. Oper Dent. 1 de julio de 2015;40(4):410-7.
11. Jacker-Guhr S, Sander J, Luehrs AK. How «Universal» is Adhesion? Shear Bond Strength of Multi-mode Adhesives to Enamel and Dentin. J Adhes Dent [Internet]. 2019;21(1):87-95. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30799475>
12. Carrillo Sánchez C. Michael G. Buonocore, padre de la odontología adhesiva moderna, 63 años del desarrollo de la técnica del grabado del esmalte (1955-2018). Michael G. Buonocore, father of modern adhesive dentistry, 63 years of the development of the Enamel Etching Technique [Internet]. Vol. 75, Revista ADM. 2018. Disponible en: www.medigraphic.com/adm
13. Yokoyama M, Takamizawa T, Tamura T, Namura Y, Tsujimoto A, Barkmeier WW, et al. Influence of Different Application Methods on the Bonding Effectiveness of Universal Adhesives to Dentin in the Early Phase. J Adhes Dent. 2021;23(5):447-59.
14. Natalia M, Grabre de Prieto A, Eugenia M. Adhesive systems in restorative dentistry.
15. Hirokane E, Takamizawa T, Kasahara Y, Ishii R, Tsujimoto A, Barkmeier WW, et al. Effect of double-layer application on the early enamel bond strength of universal adhesives. Clin Oral Investig. 1 de marzo de 2021;25(3):907-21.
16. Dental-Single Bond Universal.
17. Zecin-Deren A, Sokolowski J, Szczesio-Wlodarczyk A, Piwonski I, Lukomska-Szymanska M, Lapinska B. Multi-layer application of self-etch and universal adhesives and the effect on dentin bond strength. Molecules. 18 de enero de 2019;24(2).
18. Molina Pule CG, García Merino IR, Aldas Ramírez JE, Falconí Borja G, Armas Vega ADC. Evaluación del grado de microfiltración en restauraciones de composite tras diferentes periodos de envejecimiento. Revista Facultad de Odontología [Internet]. junio de 2015;27(1). Disponible en: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/odont/article/view/19694>

19. Sandoval Z, Torres Reyes P. COMPARACIÓN DE RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO Y CARGA MÁXIMA EN [Internet]. 2017. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/322959937>
20. Analista Investigación DM. 2023-07-06. FICHA TÉCNICA ZAFIRA BOND® DPFTPT-103. Aprobado por: director técnico de DM. Versión 2.
21. J-H Kim. S-Y Chae. Y Lee G-J Han. B-H Cho. Effects of Multipurpose, Universal Adhesives on Resin Bonding to Zirconia Ceramic. *Operative Dentistry*, 2015, 40-1, 55-62
22. Aminah M. El Mourad*. Assessment of Bonding Effectiveness of Adhesive Materials to Tooth Structure using Bond Strength Test Methods. *The Open Dentistry Journal*. 2018
23. Isolan CP, Valente LL, Münchow EA et al. Bond strength of a universal bonding agent and other contemporary dental adhesives applied on enamel, dentin, composite, and porcelain. *Appl Adhes Sci* 2, 25 (2014).
24. Rim Bourgi, Naji Kharouf. A Literature Review of Adhesive Systems in Dentistry: Key Components and Their Clinical Applications. *Appl. Sci.* 2024, 14, 8111://www.mdpi.com/journal/applsci
25. Fabricia Vianna Costa¹. Comparison of different adhesive techniques using a universal adhesive system. Costa et al. *Appl Adhes Sci* (2017) 5:18
26. El Araby AM, Talic YF. The Effect of Thermocycling on the Adhesion of Self-etching Adhesives on Dental Enamel and Dentin. *J Contemp Dent Pract* 2007 February;(8)2:017-024.
27. Andrzej Malysa ¹ , Joanna Wezgowiec ¹. Effect of Thermocycling on the Bond Strength of Self-Adhesive Resin Cements Used for Luting CAD/CAM Ceramics to Human Dentin. *Int. J. Mol. Sci.* 2022, 23, 745
28. DE McLean. EJ Meyers. Enamel Bond Strength of New Universal Adhesive Bonding Agents. *Operative Dentistry*, 2015, 40-4, 410-417
29. Federico Triani, Lígia Pereira da Silva. Universal Adhesives: Evaluation of the Relationship between Bond Strength and Application Strategies—A Systematic Review and Meta-Analyses. *Coatings* 2022, 12, 1501.

30. MR Meharry. SM Moazzami. Comparison of Enamel and Dentin Shear Bond Strengths of Current Dental Bonding Adhesives From Three Bond Generations. *Operative Dentistry*, 2013, 38-6, E237-E245