



Universidad
Norbert Wiener

Powered by **Arizona State University**

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE ODONTOLOGÍA

Tesis

Estudio comparativo, in vitro, de la resistencia al cizallamiento y el patrón de falla utilizando tres sistemas adhesivos para cementar brackets metálicos

Para optar el Título de
Especialista en Ortodoncia y Ortopedia Maxilar

Presentado por:

Autora: Gutiérrez León, Luz Manuela


Código ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-4294-1748>

Asesora: Mg. Pastor Arenas, Sandra

Código ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-3765-2532>

Lima – Perú

2024

 Universidad Norbert Wiener	DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA Y DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN		
	CÓDIGO: UPNW-GRA-FOR-033	VERSION: 01 REVISIÓN: 01	FECHA: 08/11/2022

Yo, Luz Manuela Gutiérrez León egresada de la Facultad de Ciencias de la Salud y Escuela Académica Profesional de Odontología / Escuela de Posgrado de la Universidad privada Norbert Wiener declaro que el trabajo académico “ESTUDIO COMPARATIVO, IN VITRO, DE LA RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO Y EL PATRÓN DE FALLA UTILIZANDO TRES SISTEMAS ADHESIVOS PARA CEMENTAR BRACKETS METÁLICOS”

Asesorado por el docente: Mg Esp. CD. Sandra Pastor Arenas DNI 07263833 ORCID 0009-0009-3765-2532 tiene un índice de similitud de doce (12) % con código oid: 14912:376992844 verificable en el reporte de originalidad del software Turnitin.

Así mismo:

1. Se ha mencionado todas las fuentes utilizadas, identificando correctamente las citas textuales o paráfrasis provenientes de otras fuentes.
2. No he utilizado ninguna otra fuente distinta de aquella señalada en el trabajo.
3. Se autoriza que el trabajo puede ser revisado en búsqueda de plagios.
4. El porcentaje señalado es el mismo que arrojó al momento de indexar, grabar o hacer el depósito en el turnitin de la universidad y,
5. Asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión en la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas del reglamento vigente de la universidad.



.....
 Firma de autor 1
 C D . Luz Manuela Gutiérrez León
 DNI: 41488996



.....
 Asesor: Mg Esp. CD. Sandra Pastor Arenas
 DNI: 07263833

Lima, 02 de septiembre de 2024

Dedicatoria

A mi papá, que desde que tengo uso de razón, siempre me inculcó la lectura y la investigación, pero sobre todo porque siempre está a mi lado apoyándome y motivándome para lograr más.

A mi adorado Massimo, quien me enseña y me recuerda cada día que mamá puede con todo...

A ti, mi amor infinito.

A mi familia, quienes creen en mí y me ven como un ejemplo sólido para las nuevas generaciones.

GRACIAS, GRACIAS, GRACIAS

Agradecimiento

A Dios, por iluminar y limpiar mi camino siempre.

Al Universo, por hacerme entender qué:

“Ningún copo de nieve cae alguna vez en el lugar equivocado”

Miembros del Jurado:

1.

2.

3.

Índice

Dedicatoria.....iii

Agradecimiento	iv
Índice	v
Resumen	x
Abstract.....	i
Introducción.....	xi
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Formulación del problema.....	2
1.2.1. Problema general.....	3
1.2.2. Problemas específicos	3
1.3. Objetivos de la investigación.....	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.4. Justificación de la investigación	4
1.4.1. Teórica	4
1.4.2. Metodológica	4
1.4.3. Práctica.....	4
1.5. Limitaciones de la investigación	5
1.5.1. Temporal	5
1.5.2. Espacial	5
1.5.3. Recursos	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Antecedentes de la investigación.....	6
2.2. Bases teóricas	16
2.2.1. Adhesión dental.....	16

2.2.2. Adhesión al esmalte.....	17
2.2.3. Adhesión al bracket.....	17
2.2.4. Prueba de Cizallamiento	17
2.2.5. Patrón de falla	18
2.3 .Formulación de hipótesis	20
2.3.1.Hipótesis general.....	20
2.3.2.Hipótesis específica.....	21
CAPÍTULO III:METODOLOGÍA.....	21
3.1.Método de la investigación.....	21
3.2.Enfoque de la investigación.....	21
3.3.Tipo de la investigación.....	21
3.4.Diseño de la investigación.....	21
3.5.Población,muestra y muestreo.....	32
3.5.1. Criterios de inclusión.....	23
3.5.2. Criterios de exclusión.....	23
3.5.3. Muestreo.....	23
3.6. Variables y operacionalización.....	24
3.6.1. Definición operacional.....	25
3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	25
3.7.1. Técnica.....	25
3.7.2. Descripción de instrumentos.....	25
3.7.3.Validación.....	25
3.7.4. Confiabilidad.....	27
3.8.Plan de procesamiento y Análisis de datos.....	29

3.9.Aspectos éticos.....	30
CAPÍTULO IV:PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	30
4,1.Resultados.....	30
4.1.1.Análisis descriptivo de resultados.....	30
4.1.2.Discusión de resultados.....	37
CAPÍTULO V:CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	45
5.1Conclusiones.....	45
5.2.Recomendaciones.....	45
REFERENCIAS.....	46
ANEXOS.....	50
Anexo 1.Matriz de Consistencia.....	51
Anexo 2.Instrumentos de recolección de datos.....	52
Anexo 3.Aprobación del Comité de Ética.....	54
Anexo 4. Evidencias Fotográficas.....	55

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Resistencia al cizallamiento (MPa) según sistema adhesivo</i>	31
Tabla 2. <i>Patrón de falla a través de la Escala de valores del Índice Remanente Adhesivo – ARI, según sistema adhesivo</i>	33
Tabla 3. <i>Comparación de la Resistencia al cizallamiento (MPa) entre los Sistemas adhesivos</i>	35
Tabla 4. <i>Comparación del Patrón de Falla entre los sistemas adhesivos</i>	36

Resumen

El presente estudio tuvo la finalidad de comparar la resistencia al cizallamiento y el patrón de falla utilizando tres sistemas adhesivos para cementar brackets metálicos. Para ello se recolectaron 90 dientes teniendo en cuenta los criterios de inclusión y exclusión. La muestra se mantuvo en suero fisiológico 0.9%, se utilizaron brackets metálicos Roth Balance® 0.022” x 0.018” y se dividieron en 3 grupos (N 30). Grupo I: sistema adhesivo de grabado y lavado (Transbond™XT). Grupo II: sistema adhesivo de autograbado (Transbond™Plus) después se polimerizo con una lámpara LED durante 10 segundos. Grupo III: sistema autoadhesivo (Orthocem®). Se encontró que la mayor resistencia al cizallamiento fue en el Grupo Transbond™Plus (11.43 ± 3.43 MPa), seguido del Grupo Orthocem® (11.04 ± 2.99 MPa) y el valor más bajo fue el Grupo Transbond™XT (9.01 ± 2.79 MPa). Al comparar los 3 grupos se observa diferencias estadísticamente significativas con un valor de $p=0.006$. El patrón de falla fue evaluado a través del Índice Remanente Adhesivo – ARI, donde se halló que el Transbond™XT no presentó remanente adhesivo sobre el esmalte. En conclusión, los tres sistemas adhesivos estudiados mostraron valores de resistencia al cizallamiento cercanos al ideal, siendo el Transbond™Plus el mejor.

PALABRAS CLAVE

Adhesivos de ortodoncia, adhesivos para cementar brackets, resistencia al cizallamiento, índice de remanente adhesivo.

ABSTRACT

The purpose of the present study was to compare the shear strength and failure pattern using three adhesive systems to cement metal brackets. For this, 90 teeth were collected taking into account the inclusion and exclusion criteria. The sample was kept in 0.9% physiological saline, Roth Balance® 0.022” x 0.018” metal brackets were used and they were divided into 3 groups (N 30). Group I: etch and wash adhesive system (Transbond™XT). Group II: self-etch adhesive system (Transbond™Plus) then polymerized with an LED lamp for 10 seconds. Group III: self-adhesive system (Orthocem®). It was found that the highest shear resistance was in the Transbond™Plus Group (11.43 ± 3.43 MPa), followed by the Orthocem® Group (11.04 ± 2.99 MPa) and the lowest value was the Transbond™XT Group (9.01 ± 2.79 MPa) . When comparing the 3 groups, statistically significant differences are observed with a value of $p=0.006$. The failure pattern was evaluated through the Adhesive Remnant Index – ARI, where it was found that Transbond™XT had no remaining adhesive on the enamel. In conclusion, the three adhesive systems studied showed shear strength values close to the ideal, with Transbond™Plus being the best.

KEYWORDS

Orthodontic adhesives, Bracket bonding adhesives, Shear Bond Strength, Adhesive Remnant Index.

Introducción

En la práctica de ortodoncia, se requiere de un sistema adhesivo que además de disminuir el tiempo clínico sea de fácil manipulación, con pasos simplificados, de buena fuerza adhesiva, que resista y prevenga el descementado involuntario de los brackets, también debe soportar las fuerzas ejercidas por la propia biomecánica ortodóncica, pero, sobre todo, que permita la identificación y remoción de los restos adhesivos que quedan después del retiro de los brackets sin ocasionar daño al esmalte.

Debido a la crecida demanda de tratamientos, los fabricantes de los productos ortodóncicos desarrollan continuamente sistemas adhesivos para satisfacer las necesidades del especialista, confiando éste en sus bondades. Dado que el profesional elige los productos basándose en la publicidad, por costumbre o simplemente por disminuir costos, la información que se proporciona es limitada, generalmente en relación a las instrucciones de manipulación y los datos acerca de la resistencia al descementado. En tales condiciones es necesario analizarlos y darlos a conocer para así hacer una elección certera del sistema adhesivo a utilizar cuando se cementan los brackets.

Durante las últimas décadas la mayoría de investigaciones han tomado como parámetro a la marca comercial Transbond™ XT ya que presenta características cercanas al rango de resistencia al descementado ideal. Por esta razón, diversos autores la comparan con otros sistemas adhesivos y así demostrar que hay marcas alternativas igual de resistentes y a menor costo económico.

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema:

La práctica de ortodoncia moderna busca constantemente mejores estándares de tratamiento debido a la alta demanda de los pacientes por realizar tratamientos ortodónticos, que incluye la reducción del tiempo en la atención al paciente en el consultorio y ahorrándole tiempo al profesional en su actividad clínica. Uno de los procedimientos que más tiempo se consume en ortodoncia, es el cementado de los brackets (1-3).

Debido a los avances e innovaciones en la tecnología de la adhesión, los ortodoncistas pueden incorporar nuevos sistemas adhesivos y hasta técnicas de adhesión en la práctica clínica. El procedimiento con el sistema adhesivo convencional consta de tres pasos, grabado y lavado, primer y adhesivo. Desde un punto de vista clínico, un tiempo de instalación de los brackets prolongado generaría un mayor tiempo en la atención al paciente. A raíz de esto, los fabricantes han introducido nuevas técnicas de adhesión que simplifican los pasos clínicos (4).

Para que el tratamiento de ortodoncia sea exitoso, la fuerza adhesiva entre el bracket y el diente, debe de ser suficientemente resistente a las fuerzas masticatorias durante el tratamiento. El sistema adhesivo debe garantizar que el bracket permanezca adherido a la superficie del esmalte durante el tratamiento y permitir el retiro del mismo con facilidad y sin dañar el esmalte (5 - 9).

La resistencia al descementado del bracket debe tener un rango ideal, según Reynolds, debe variar entre 5,9 a 7,8 MPa. También se ha reportado que los valores superiores a 20 MPa y 40 MPa pueden aumentar el riesgo de fractura del esmalte por presentar una falla

cohesiva, la cual ocurriría en la interfaz adhesivo – adhesivo (estructura interna del material), pudiendo acelerar la posibilidad de presentar grietas (9, 10,11,12 y 13).

Uno de los problemas más frecuentes que tiene el ortodoncista es el descementado involuntario de los brackets producido por las fuerzas masticatorias o por descuidos de los propios pacientes obligando a realizar una nueva cementación del bracket. Los descementados de los brackets que ocurren durante el tratamiento, en general, suelen ser entre el 2% y el 20%, lo que es perjudicial porque aumenta el tiempo de tratamiento y el número de citas no programadas, provocando retrasos en los resultados dentro del periodo de tiempo planificado y generando gastos económicos desfavorables para el paciente y el ortodoncista (10, 11, 14 - 16).

Un adhesivo perfecto para ortodoncia debe tener suficiente fuerza adhesiva y debe preservar la apariencia natural del esmalte después del descementado del bracket (8, 10, 11). Es por ello que se debe realizar una correcta evaluación del sistema adhesivo y de sus residuos, siendo información útil para los ortodoncistas (2, 13, 17 - 19).

Esta investigación se centra en comparar la efectividad de tres sistemas adhesivos utilizados para cementar brackets, se realizó in vitro, con el objetivo de identificar el sistema que proporciona una mejor resistencia al cizallamiento entre el esmalte y el bracket y el mejor patrón de falla en la superficie del esmalte. De esta manera se aportan nuevos conocimientos que pueden dar solución a esta problemática tan frecuente.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Existen diferencias en la resistencia al cizallamiento y el patrón de falla entre los tres sistemas adhesivos utilizados para cementar brackets metálicos?

1.2.2 Problemas específicos

1. ¿Existen diferencias en la resistencia al cizallamiento entre los tres sistemas adhesivos utilizados para cementar brackets metálicos?

2. ¿Existen diferencias en y el patrón de falla entre los tres sistemas adhesivos utilizados para cementar brackets metálicos?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Comparar la resistencia al cizallamiento y el patrón de falla entre los tres sistemas adhesivos utilizados para cementar brackets metálicos.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Determinar la resistencia al cizallamiento de los tres sistemas adhesivos utilizados para cementar brackets metálicos.

2. Determinar el patrón de falla con los tres sistemas adhesivos utilizados para cementar brackets metálicos.

1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 Teórica

Busca proporcionar información a la comunidad odontológica sobre los diferentes cementos utilizados en ortodoncia, mencionando la importancia de conocer la fuerza adhesiva ideal para soportar el descementado involuntario de los brackets durante el tratamiento y también ubicar la falla adhesiva cuando se realiza el retiro. La identificación de la cantidad de restos adhesivos en la superficie del esmalte permitirá al profesional realizar el procedimiento de eliminación de manera segura sin ocasionarle mayores daños.

1.4.2. Metodológica

Esta investigación es comparativa, *in vitro*, de diseño descriptivo donde se utilizarán instrumentos con validez internacional para comprobar la efectividad de la resistencia al cizallamiento y el patrón de falla de tres sistemas adhesivos para la cementación de brackets metálicos, técnicas y materiales utilizados frecuentemente en un tratamiento ortodóntico. Por lo que, este trabajo podrá ser considerado para futuros estudios.

1.4.3 Práctica

A diferencia de investigaciones similares, se busca comparar los sistemas de autograbado y autoadhesivo con el de grabado y lavado, que es uno de los más utilizados en nuestro medio. De esta manera, se pretende contribuir a que el profesional pueda tomar una mejor decisión sobre la elección del sistema adhesivo y así garantizar al paciente una adecuada adhesión durante el tratamiento y al termino, con el retiro de los brackets.

1.4.4 Social

La presente investigación beneficia al profesional ya que aporta nuevos conocimientos y demuestra la importancia del uso adecuado de los tres sistemas adhesivos más utilizados para ortodoncia. Esto le permite elegir el sistema más adecuado para el cementado de los brackets metálicos priorizando el disminuir el daño que genera el cementado y el retiro de los mismos a la superficie del esmalte y da opción a utilizar marcas comerciales alternativas y/o económicas que demuestran tener la misma eficiencia en comparación a la marca “gold estándar” Transbond™ XT.

1.5 Delimitación de la investigación

1.5.1. Temporal: El estudio se llevó a cabo de setiembre – diciembre 2023

1.5.2 Espacial

- Se utilizaron las instalaciones del laboratorio High Technology Laboratory Certificate.
- Se utilizaron las instalaciones de la Clínica Dental Docente – Asistencial de la Universidad Peruana Cayetano Heredia, Departamento de Patología, para el uso del estereomicroscopio.
- Se utilizaron los servicios de una arquitecta para el uso del programa auto-cad.

1.5.3 Recursos

- La investigación se financió con recursos propios.

CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes de la investigación

Corahua-Raymi N et al. (2024) “El objetivo de este estudio fue comparar la resistencia al cizallamiento de tres bases de brackets metálicos, con diseño: base estructurada con láser, base de malla y base con ranuras de retención”. Se sumergieron 54 premolares durante una semana en solución de timol al 0,1%, luego se colocó en agua destilada con reposición semanal hasta el inicio del estudio. Se cementaron los brackets con diferentes diseños en su base: A. Discovery® Smart (estructurado con láser), B. Mini Serie Master® (base con malla), y C. Roth Max (base con ranuras de retención). Todos los brackets fueron cementados con Transbond™ XT. Se utilizó una máquina de prueba universal para evaluar la resistencia al cizallamiento con velocidad de 0,75 mm/min de cruceta. Se utilizó el análisis de ANOVA de un factor de Welch con varianza robusta y la prueba post hoc de Tukey para comparar medias, con un nivel de significancia de $p < 0,05$. Los valores promedio de la resistencia al cizallamiento fueron para el bracket con base estructurada con láser ($14,78 \pm 5,79$ MPa), el bracket con base de malla ($9,64$ MPa \pm $2,54$ MPa) y el bracket con base de ranura de retención ($15,38$ MPa \pm $2,67$ MPa). Se encontró que los brackets con bases de malla tenían una resistencia al corte significativamente menor que los brackets con bases estructuradas con láser ($p=0,001$) y brackets con bases con ranuras de retención ($p < 0,001$). Sin diferencias significativas entre estos dos últimos tipos de brackets ($p = 0,893$). El diseño de la base del bracket influyó en la resistencia al cizallamiento in vitro, observándose valores significativamente más altos para los brackets Roth Max (base con ranuras de retención) y Discovery® Smart (estructurado con láser), en comparación con los brackets de la serie Mini Master® (base con malla) (10).

Shalini S et al. (2023) “El propósito de este estudio fue evaluar la resistencia al cizallamiento de los brackets cementados con diferentes sistemas adhesivos”. Se seleccionaron 120 premolares y los dividieron en cuatro grupos al azar. Luego, los brackets se cementaron con

tres sistemas adhesivos, Transbond™ XT, Bracepaste y Heliosit. Después de realizar la prueba de cizallamiento y anotar la cantidad de adhesivo remanente en la superficie del diente (denominado índice de restos adhesivos o ARI), se obtuvieron los siguientes resultados, el Transbond™ XT mostró $18,05 \pm 5,6$ MPa, Bracepaste de $16,6 \pm 5,1$ MPa, y Heliosit de $16,2 \pm 4$ MPa. La resistencia al cizallamiento y las puntuaciones ARI para Transbond™ XT y Bracepaste fueron similares a $11,10$ MPa. El estudio encontró que los sistemas adhesivos evaluados proporcionan una adecuada resistencia al cizallamiento y que dejaban la superficie del diente más suave y limpia. En conclusión, este estudio presentó información significativa sobre el impacto en la superficie del esmalte y la resistencia al cizallamiento de los brackets con tres sistemas adhesivos diferentes. (12)

Tallani S et al. (2023) “Este estudio evaluó la resistencia al cizallamiento y los restos adhesivos al descementar brackets metálicos”. Se extrajeron 80 premolares con la corona sana, se les aplicó grabador ácido y se cementaron los brackets. Fueron divididos en cuatro grupos: Transbond™ XT, Heliosit, Enlight y Bracepaste. Para el descementado de los brackets, se utilizó una máquina de prueba Instron después de 48 horas. Las muestras descementadas fueron evaluadas bajo el índice de restos adhesivos (ARI). Los resultados de la resistencia al cizallamiento mostraron para Transbond™ XT ($12,91 \pm 2,0$ MPa), Bracepaste ($12,87 \pm 1,59$ MPa), Enlight ($11,77 \pm 1,87$ MPa) y el más bajo fue Heliosit ($10,93 \pm 1,71$ MPa). Según el índice de restos de adhesivo (ARI), el cemento Transbond™ XT fue el que mostró menos restos adhesivos en el diente, seguido por Heliosit; mientras que, Enlight y Bracepaste mostraron tener similar cantidad de restos adhesivos. El estudio concluye que todos los grupos involucrados demostraron un desempeño satisfactorio en su resistencia al cizallamiento desde una perspectiva clínica. El cemento Transbond™ XT, sigue siendo el

sistema adhesivo de ortodoncia preferido, sobre los otros tres, debido a que tiene propiedades superiores en la resistencia al cizallamiento y en ARI. (11)

AlSamak S et al. (2023) “El objetivo de este estudio in vitro, fue medir el rendimiento del sistema adhesivo que cambia de color (CCOA) o sistema adhesivo fluorescente (FOA), sistemas adhesivos convencionales (COA) y el sistema adhesivo mixto CCOA y FOA, para esto se utilizaron las pruebas de resistencia al cizallamiento y el índice de restos de adhesivos (ARI)”. Se utilizaron 90 primeros premolares. Se compararon cuatro marcas comerciales: Transbond™ XT (TBXT) y Transbond™ plus (TBP) - 3M,Ormco Enlight™ (OE) y Greengloo™ (GG) - Ormco, Light Bond Medium™ (LBM) y GoTo™ (GT) - Reliance orthodontic products y por último, BracePaste® Adhesivo (BPA) y BracePaste® Color Change (BPCC) - American orthodontics. El adhesivo mixto fue preparado entre la marca Transbond™ plus y GoTo™ (TBPGT) para evaluar el efecto combinado del cambio de color y de fluorescencia. La resistencia al cizallamiento se registró utilizando una máquina universal de pruebas. Los restos adhesivos (ARI) se midieron utilizando un estereomicroscopio con un aumento de 10x. El análisis estadístico fue descriptivo y se utilizaron pruebas comparativas para evaluar los resultados. Todos los sistemas adhesivos mixtos (CCOA y FOA) tuvieron una resistencia al cizallamiento más alta que los sistemas adhesivos convencionales (COA). El valor más alto de resistencia al cizallamiento lo obtuvo la marca BracePaste® Color Change (BPCC) con 23,56 MPa, y el valor más bajo lo tuvo GoTo™ (TBPGT) con 11,41 Mpa. La prueba de ANOVA unidireccional de comparaciones múltiples y la prueba de rangos múltiples de Duncan, mostraron que Transbond™ XT (TBXT) y GoTo™ (TBPGT) diferían significativamente en la resistencia al cizallamiento con los grupos GoTo™ (GT), Greengloo™ (GG), Transbond™ plus (TBP) y BracePaste® Color Change (BPCC), respectivamente (P = 0,016). Las pruebas de comparaciones

múltiples de Kruskal-Wallis no mostraron diferencias significativas en los restos adhesivos (ARI) entre los sistemas probados ($P = 0,089$). Los investigadores concluyeron que el sistema adhesivo que cambia de color (CCOA) y el sistema adhesivo fluorescente (FOA) mostraron una resistencia al cizallamiento mayor que los sistemas adhesivos de grabado y lavado. Grengloo™ tuvo el más bajo ARI entre los grupos evaluados. Finalmente, se concluye que los sistemas adhesivos que cambian de color (CCOA) y los sistemas adhesivos fluorescentes (FOA) presentaron mayor resistencia al cizallamiento que los sistemas adhesivos convencionales. La marca Grengloo™ fue la que presentó menor cantidad de restos adhesivos (ARI) entre todos los grupos evaluados. Todos los sistemas adhesivos probados en este estudio demostraron ser seguros para ser utilizados en la práctica clínica, pero los sistemas adhesivos que cambian de color (CCOA) como los sistemas adhesivos fluorescentes (FOA) indicaron tener un mejor desempeño que los sistemas adhesivos convencionales (COA). El sistema adhesivo mixto Transbond™ plus (TBP) combinado con GoToT™ (TBP GT), obtuvieron los valores de resistencia al cizallamiento más bajos y también, la menor cantidad de restos adhesivos (ARI). (20)

Guravaiah D et al. (2023) “Este estudio tiene como objetivo determinar el efecto de la resistencia al cizallamiento y el índice de restos adhesivos de dos sistemas adhesivos que cambian de color (CCA) con tiempo de polimerización reducido utilizando diferentes unidades emisoras de luz de alta intensidad (LED)”. Se agruparon 108 premolares superiores en tres grupos principales ($n = 36$) según el tipo de adhesivo utilizado. Los sistemas adhesivos que cambian de color fueron: Transbond™ Plus y Grengloo™ y el sistema adhesivo convencional Transbond™ XT (no cambia de color). Cada grupo principal se dividió aún más, en tres subgrupos ($n = 12$ cada uno) según el tiempo de polimerización y el tipo de lámpara LED de alta intensidad utilizadas para adherir los brackets metálicos. Se utilizó la

lampara de polimerización Woodpecker iLED durante 3s y 6s y la lampara LED ELIPAR S10 durante 20s. La cementación de los brackets se realizó de manera estandarizada siguiendo las instrucciones de los fabricantes. Todas las muestras fueron sumergidas en agua destilada a 37°C durante 24 horas. La resistencia al cizallamiento se realizó utilizando una máquina universal y los restos adhesivos en la superficie descementada fue examinada y clasificada usando un estereomicroscopio. El análisis estadístico se realizó mediante ANOVA unidireccional y la prueba post-hoc de Tukey. Los resultados mostraron diferencias significativas en la resistencia al cizallamiento según el tiempo de polimerización y el tipo de sistema adhesivo utilizado. El grupo de polimerización de 6s exhibió los valores más altos de 15,5 - 22,82 MPa (Woodpecker iLED), seguido por los grupos de 20s de 12,17 - 18,14 MPa (LED ELIPAR S10) y de 3s de 11,31 - 11,74 MPa (Woodpecker iLED). El sistema adhesivo Grelgloo mostró los valores más altos entre los tres tipos de adhesivos. Las puntuaciones de restos adhesivos fueron 2 y 3. Los autores concluyen que el sistema adhesivo Grelgloo™ demuestra una mayor resistencia al cizallamiento en comparación con Transbond™ Plus y Transbond™ XT. Los dos sistemas adhesivos, Transbond™ Plus y Grelgloo™, reportaron un patrón de falla dentro de la interfaz adhesiva independientemente de la intensidad de luz o el tiempo de polimerización. (21)

Siddarth B et al. (2022) “Los objetivos de este estudio, fueron evaluar la resistencia al cizallamiento de brackets metálicos cementados con el sistema adhesivo de autograbado Optibond eXTRa Universal y el sistema adhesivo convencional Transbond™ XT, también evaluar los restos adhesivos utilizando el índice de remanente adhesivo (ARI)”. Un total de 100 premolares humanos se dividieron en 2 grupos (n = 50) según el sistema adhesivo empleado: Transbond™ XT y Optibond eXTRa Universal. En el grupo A se utilizó el sistema adhesivo Transbond™ XT, y en el grupo B el sistema adhesivo Optibond eXTRa y se

cementaron los brackets metálicos con cemento Transbond™ XT en ambos grupos. Las muestras se conservaron en saliva artificial durante 30 días. Se utilizó una máquina de prueba universal para la prueba de cizallamiento. El ARI se evaluó con un estereomicroscopio a aumento de 10x. Las puntuaciones de resistencia al cizallamiento se sometieron a la prueba t de muestra independiente y las puntuaciones de ARI a la prueba de Chi-cuadrado de Pearson. La resistencia al cizallamiento para el grupo Transbond™ XT fue de $12,11 \pm 2,6$ MPa y para el grupo Optibond eXTRa Universal fue de $11,36 \pm 2,8$ MPa, lo que revela una diferencia estadísticamente no significativa. Transbond™ XT mostró puntuaciones ARI más altas y fue estadísticamente significativo ($P = 0,001$). El estudio concluye en, que el sistema adhesivo Optibond eXTRa Universal es adecuado para la cementación de brackets ya que mostró una resistencia al cizallamiento aceptable y tuvo un mejor desempeño en términos de ARI. (19)

Rithika J et al. (2022) “El propósito de este estudio fue comparar la resistencia al cizallamiento de un sistema autoadhesivo, de autograbado y de grabado y lavado (convencional)”. Los sesenta y seis premolares fueron divididos en tres grupos: grupo A (control), sistema adhesivo de grabado y lavado (Ormco Ortho Solo) y para cementar los brackets se utilizó Enlight LV (Ormco), grupo B, sistema de autograbado (Transbond™ Plus) y para cementar los brackets se utilizó Enlight LV (Ormco) y en el grupo C, se utilizó el sistema autoadhesivo Ortho Connect (GC). Luego, los dientes fueron almacenados en saliva artificial a 37 °C durante 24 horas y fueron sometidos a la prueba de cizallamiento con una máquina universal de ensayos. Los restos adhesivos, fueron evaluados utilizando el ARI. El análisis estadístico se realizó mediante ANOVA unidireccional para comparar los valores de resistencia al cizallamiento entre los tres grupos y se utilizó la prueba de Kruskal Wallis para comparar las puntuaciones de ARI. Los valores de resistencia al cizallamiento fueron; grupo

A ($11,60 \pm 2,95$ MPa), grupo B ($9,44 \pm 4,46$ MPa) y grupo C ($12,68 \pm 6,25$ MPa), no obtuvieron diferencias estadísticamente significativas. El patrón de falla adhesiva en todos los grupos se presentó principalmente en la interfaz bracket - sistema adhesivo dejando la mitad o más del adhesivo en la superficie del diente (puntuación 2). Los autores concluyen que el sistema autoadhesivo (GC Ortho Connect), tiene valores de resistencia al cizallamiento clínicamente aceptables en comparación a los sistemas adhesivos de autograbado (Transbond™ Plus) y el de grabado y lavado (Ormco Ortho Solo). Por lo tanto, se puede utilizar eficazmente para ahorrar tiempo en el consultorio, ya que reduce el número de pasos durante la cementación de los brackets sin comprometer la resistencia al cizallamiento. (22)

Bilal R. (2021) “El objetivo del presente estudio fue evaluar y comparar la resistencia al cizallamiento entre un sistema de grabado y lavado (convencional) y autograbado. Además, evaluar el patrón de falla adhesiva después del descementado de los brackets”. Fue un estudio experimental con cincuenta premolares, los cuales se dividieron equitativamente en dos grupos, grupo A grabado y lavado (convencional) y B sistema de autograbado. La resistencia al cizallamiento se midió con una máquina universal de pruebas y el patrón de falla adhesiva se determinó mediante el uso del índice de restos adhesivos (ARI). Los datos fueron analizados con un software estadístico. Se utilizó la prueba t de muestra independiente para comparar la resistencia al cizallamiento y la prueba U de Mann-Whitney para evaluar si existe una diferencia significativa en la puntuación ARI entre los grupos. Aunque la resistencia al cizallamiento del sistema autograbado estuvo dentro del rango clínicamente aceptable, la resistencia al cizallamiento del grupo A fue de 14,71 MPa, significativamente mayor que la del grupo B que fue de 9,24 MPa ($P = 0,024$). No hubo diferencias significativas en las puntuaciones ARI entre los dos grupos ($P = 0,801$). Se concluye que, la resistencia al cizallamiento del sistema adhesivo de grabado y lavado (convencional) fue

significativamente mayor que la del sistema de autograbado. Los dos grupos registraron una puntuación ARI de 1, lo que indica una falla cohesiva sin diferencias significativas (7).

Bhattacharjee D et al. (2021) “El presente estudio evaluó la resistencia al cizallamiento y el patrón de falla comparando un sistema adhesivo de autograbado con un sistema adhesivo convencional”. Se utilizaron 120 premolares que fueron almacenados en agua destilada y fueron incrustados en moldes de acrílico rápido hasta el cuello. Para el grupo de control, se utilizó el sistema adhesivo Transbond™ XT (convencional) cuya la resistencia al cizallamiento fue de $9,38 \pm 6,02$ MPa y para el grupo experimental, se utilizó el sistema adhesivo Tranbond™ Plus (autograbado) y su resistencia al cizallamiento fue de $6,91 \pm 3,58$ MPa. Para la comparación de los grupos se utilizó la prueba de Chi-cuadrado. Este estudio decidió utilizar el índice de restos adhesivos modificado (ARI modificado), el grupo Transbond Plus (autograbado) presento puntuaciones de 3 y 4, donde se muestra que más de la mitad del adhesivo quedó sobre la superficie del diente. El grupo Tranbond™ XT (convencional) presentó puntuación 5, que demuestra que no quedó adhesivo o quedó una pequeña cantidad sobre la superficie del diente. Las puntuaciones de ARI modificado son significativamente ($P < 0,001$) mayores en el grupo Tranbond™ XT (convencional) de 68,33% en comparación con el grupo Transbond™ Plus (autograbado) de 28,33%. Las puntuaciones de ARI modificado de 4 o menos, es significativamente mayor en el grupo Transbond™ Plus (autograbado) de 71,67% en comparación con el grupo Tranbond™ XT (convencional) de 6,67% con valor $P = 0,004$ según la prueba de Chi-cuadrado. La resistencia al cizallamiento en el grupo Transbond™ Plus (autograbado) es menor que el grupo Tranbond™ XT (convencional), pero está dentro del promedio ideal. (23)

Santos L.K, et al., (2021) “El objetivo del presente estudio fue analizar comparativamente el índice de restos adhesivos (ARI) de diferentes sistemas adhesivos utilizados en Ortodoncia

para la cementación de brackets sobre la superficie dental”. Este estudio in vitro se realizó con 120 premolares humanos sanos extraídos aleatoriamente y divididos en dos grupos para la cementación de brackets metálicos y de cerámica. Luego, los dientes se dividieron en seis subgrupos según el sistema adhesivo utilizado: G1: Orthocem®; G2: Orthocem® + adhesivo Ambar universal®; G3: Orthobond Plus®; G4: Biofix®; G5: Transbond™ XT® y G6: Ortholink VLC®. El análisis del ARI se realizó mediante un microscopio con un aumento de 20x después de la descementación de los brackets. Los datos fueron analizados con la prueba de Mann-Whitney. El nivel de significancia estadística se fijó en $P < 0,05$. La puntuación del ARI más prevalente fue en el grupo de brackets metálicos, obtuvieron puntaje 2, mientras que en el grupo de brackets cerámicos, obtuvieron puntaje 3. Comparativamente, Orthobond Plus®, Biofix® y Ortholink VLC® mostraron mejor desempeño del índice de remanente adhesivo que Orthocem® + Ambar® en grupo de brackets metálicos. Para brackets cerámicos, los adhesivos Biofix® y Transbond™ XT® tuvieron mejores resultados que Orthobond Plus®. (24)

Delavarian M, et al. (2019) “Este estudio tuvo como objetivo el comparar la resistencia al cizallamiento de brackets cerámicos y metálicos cementados con un sistema adhesivo que cambia de color (Grenghoo™) con un sistema adhesivo convencional (Transbond™ XT)”. Este estudio experimental fue in vitro, se extrajeron 120 premolares humanos los cuales fueron divididos en 4 grupos: (1) Grenghoo™ con brackets metálicos, (2) Grenghoo™ con brackets cerámicos, (3) Transbond™ XT con brackets metálicos y (4) Transbond™ XT con brackets cerámicos. Después de la cementación de los brackets, los dientes fueron sometidos a 500 ciclos térmicos y se incubaron a 37°C durante 24 h. La resistencia al cizallamiento fue medida y los datos se analizaron mediante la prueba de ANOVA. La prueba U de Mann-Whitney fue utilizada para comparar las puntuaciones del índice de restos de adhesivos

(ARI), siendo estadísticamente significativo ($P < 0,001$). El tipo de bracket (metal/cerámico) para la prueba de cizallamiento no fue estadísticamente significativo ($P = 0,368$). Sin embargo, la resistencia al cizallamiento de los sistemas adhesivos, si fue estadísticamente significativa ($P < 0.001$) siendo el grupo Grengloo™ más alto que el grupo Transbond™ XT. No se encontraron diferencias significativas en las puntuaciones de ARI entre los grupos. Como conclusión, el cemento Grengloo™, obtuvo una alta resistencia al cizallamiento y demostró tener un patrón de falla seguro. Este sistema adhesivo con la posibilidad de cambio de color, es una alternativa para los casos que requieran buena adhesión como el recementado de brackets. Además, el contraste de color de Grengloo™ puede facilitar la eliminación del cemento antes de la polimerización. (25)

2.2. Base teórica

2.2.1 Adhesión dental:

El esmalte por su estructura y su composición sigue siendo el sustrato ideal para una correcta adhesión. Desde que Michael Buonocore en 1955 describió que el efecto de la aplicación de una solución ácida sobre el esmalte era la creación de un protocolo de grabado en su superficie. Este ácido era capaz de disolver de forma selectiva los extremos finales de los prismas del esmalte, consiguiendo una superficie porosa e irregular capaz de ser penetrada por un sistema adhesivo. (13)

La adhesión se define como aquella fuerza que mantiene unida dos superficies o sustratos diferentes, siempre y cuando sus moléculas estén en íntimo contacto, teniendo como objetivo el proporcionar retención entre ellas. (26, 27)

El tipo de adhesión reportado para ortodoncia es la adhesión mecánica, producida por la absorción del sistema adhesivo por las retenciones creadas en el esmalte. (26, 27)

Para el tratamiento de ortodoncia, la cementación de los brackets debe ser temporal, es decir, la adhesión debería ser un proceso reversible para no dañar el esmalte al momento de su descementado. (26, 27)

Por lo general, la cementación de los brackets con el sistema adhesivo elegido tiene tres componentes básicos:

- 1) Acondicionador ácido: ofrece la propiedad de modificar química y estructuralmente el esmalte para que los adhesivos se adhieran de forma mecánica y química.
- 2) Primer: actúa como agente de unión entre el esmalte y el sistema adhesivo.
- 3) Cemento: es la resina que servirá como puente adhesivo entre el sistema adhesivo y el bracket. (27)

2.2.2 Adhesión al esmalte:

El mecanismo de adhesión de los adhesivos se da por las partículas de BisGMA que se adhieren de forma micromecánica. Cuando se le aplica al esmalte el ácido fosfórico al 37% por un tiempo de 15 segundos, su materia orgánica se diluye logrando abrir sus prismas y al colocar el sistema adhesivo, se adhieren a la superficie formando la capa híbrida, donde el cemento logrará adherirse. (27, 28, 29)

2.2.3 Adhesión al bracket:

Los brackets metálicos son dependientes de la retención mecánica para tener una buena adhesión y el modo de proveer esa retención, es mejorando el diseño de la malla en su base. (30)

La adhesión de los brackets al esmalte dental debe ser suficiente para soportar las fuerzas masticatorias durante el tratamiento. El sistema adhesivo ideal en ortodoncia, según Bishara et al., debe tener una fuerza adhesiva de 10.4 y 11.8 MPa. (2, 31)

2.2.4 Clasificación de los Sistemas Adhesivos

Con el paso del tiempo los sistemas adhesivos se han clasificado de diversas maneras, las más conocidas se mencionan a continuación:

- a. De acuerdo con su eliminación o modificación del barrillo dentinario
- b. De acuerdo con el agente grabador: grabado y lavado, autograbado
- c. De acuerdo con el sistema de activadores que posee: auto o químico polimerizables, fotopolimerizables y duales.
- d. De acuerdo con su evolución histórica: 1ra generación, 2da generación, 3ra generación, 4ta generación, 5ta generación, 6ta generación, 7ma generación y 8va generación. (13)

2.2.5 Prueba de cizallamiento

El cizallamiento, es la fuerza que desplaza al bracket en sentido vertical. En la boca, esta fuerza se aplica sobre el bracket en sentido ocluso gingival durante la masticación, obteniendo como consecuencia su descementado. (33)

La prueba de cizallamiento es la resistencia al desplazamiento o movimiento que soporta parte del diente cuando le se aplican fuerzas externas verticales y que son paralelas a la interfaz adhesiva (34). Consiste en evaluar la adhesión de los sistemas adhesivos empleados

para la cementación de brackets y se basa en la medición de la fuerza adhesiva. Existen dos maneras para medirla, una prueba para resistencia de cizallamiento y otra para resistencia de microtracción aplicadas sobre las muestras hasta que esta se descementa. Esta es la prueba más utilizada para cuantificar la eficacia del sistema adhesivo. Mientras más fuerte sea la adhesión entre esmalte – sistema adhesivo, mejor resistirá a la fuerza producida por la masticación. (33, 34, 35)

2.2.6 Patrón de falla

Los fracasos que se den en la adhesión se van a denominar “fallas adhesivas” en distintas interfases, pudiendo presentarse fallas adhesivas entre el esmalte, el sistema adhesivo y el bracket. (13, 27).

El tipo de falla producido durante el proceso de descementación es relevante al evaluar interfases adhesivas, ya que de esta forma se pueden detectar los factores que pueden causar la falla y así poder determinar si se debe mejorar la resistencia adhesiva (adhesivo-esmalte) o cohesiva de un material (adhesivo-adhesivo). (27)

La falla adhesiva en la superficie del esmalte puede causar fractura en el esmalte, esto ocurre cuando la adhesión entre bracket y adhesivo es excesivamente fuerte. Artun y Bergland utilizaron un sistema ARI para evaluar la cantidad de adhesivo que queda en el diente después del descementado. Este índice se utiliza universalmente para evaluar las características de adhesión entre el sistema adhesivo - esmalte y entre sistema adhesivo - base del bracket.

En este estudio, se utilizó la escala de valores de Adhesive Remnant Index (ARI) descrito por Artun y Bergland en 1984. Este índice es utilizado para observar la cantidad de restos adhesivos que quedan después del descementado del bracket, de esta manera, se ubican las

zonas y el patrón de falla. Entonces, se ve la efectividad de dicha adhesión. El tipo de falla sería clasificada de acuerdo con este índice. (7, 36).

Este es un método de puntuación visual cualitativo que se utiliza para evaluar los residuos de adhesivo que quedan en los dientes después de retirar los brackets. Autores como Cehreli et al. y Kaneshima et al. han demostrado que el método de puntuación visual ARI es una alternativa confiable (20).

Algunos autores refieren que este índice presenta ciertas dificultades, pero su valor interpretativo es muy importante. Para la interpretación de este índice, no se debe tener en cuenta los excesos de adhesivo que pudieran quedar alrededor del bracket. (37, 38)

A lo largo de los años, las puntuaciones de ARI han sido utilizadas por muchos investigadores para evaluar los remanentes adhesivos ortodónticos. Como el sistema de puntaje del índice remanente adhesivo es cualitativo y subjetivo, se ha considerado modificar el sistema original o proponer nuevos métodos de interpretación cuantitativos que puedan evaluar con mayor precisión estas puntuaciones. Teniendo en cuenta este punto, muchos estudios expandieron la interpretación de la puntuación ARI, tratando de mejorarla y/o complementarla hasta en 5 o 6 códigos. En su estudio, O'Brien et al, introdujeron una técnica más precisa para describir y localizar los remanentes adhesivos; proponiendo un método cuantitativo, el cual consiste en digitalizar una imagen ampliada del esmalte dental identificando los restos adhesivos, marcando el área que luego se expresará en porcentaje. (37, 38)

Siendo los más utilizados, la examinación a través de un estereomicroscopio con un lente de aumento a 10X para obtener fotografías digitales y la evaluación a simple vista, siendo este último, el método de evaluación más fácil. (38, 39).

2.3 Formulación de hipótesis

2.3.1 Hipótesis general

Hi: Existen diferencias en la resistencia al cizallamiento y el patrón de falla entre los tres sistemas adhesivos utilizados para cementar brackets metálicos.

Ho: No existen diferencias en la resistencia al cizallamiento y el patrón de falla entre los tres sistemas adhesivos utilizados para cementar brackets metálicos.

2.3.2 Hipótesis específicas:

1. Hi: Existen diferencias en la resistencia al cizallamiento entre los tres sistemas adhesivos utilizados para cementar brackets metálicos.

Ho: No existen diferencias en la resistencia al cizallamiento entre los tres sistemas adhesivos utilizados para cementar brackets metálicos.

2. Hi: Existen diferencias en el patrón de falla entre los tres sistemas adhesivos utilizados para cementar brackets metálicos.

Ho: No existen diferencias en el patrón de falla entre los tres sistemas adhesivos utilizados para cementar brackets metálicos.

3. METODOLOGÍA

3.1. Método de la Investigación: Hipotético y deductivo

3.2 Enfoque de la investigación: Cuantitativo

3.3 Tipo de Investigación: Investigación Aplicada. Este trabajo fue comparativo prospectivo transversal, ya que se determinó la resistencia a la fuerza de cizallamiento de los brackets en un solo tiempo y se realizó comparaciones de los diferentes sistemas adhesivos.

3.4 Diseño de la Investigación: El diseño utilizado en este estudio fue experimental, comparativo y longitudinal, porque no se manipuló ninguna variable para ver los efectos en otra, y este diseño de investigación buscó establecer las relaciones de las variables.

3.5.1 Muestra

Debido a que este trabajo se desarrolló *in vitro*, se trabajó en muestras de premolares.

Se utilizará premolares humanos con los sistemas adhesivos a evaluar.

Para la determinar del tamaño de muestra se aplicó la fórmula de contraste de hipótesis para proporciones:

$$n = \frac{\left[Z_{\alpha} * \sqrt{2p(1-p)} + Z_{\beta} * \sqrt{p_1(1-p_1) + p_2(1-p_2)} \right]^2}{(p_1 - p_2)}$$

Donde:

- ▶ n = sujetos necesarios en cada una de las muestras
- ▶ Z_{α} = Valor Z correspondiente al riesgo deseado
- ▶ Z_{β} = Valor Z correspondiente al riesgo deseado
- ▶ p_1 = Valor de la proporción en el grupo de referencia, placebo, control o tratamiento habitual.
- ▶ p_2 = Valor de la proporción en el grupo del nuevo tratamiento, intervención o técnica.
- ▶ p = Media de las dos proporciones p_1 y p_2

$$p = \frac{p_1 + p_2}{2}$$

Cuyo tamaño de muestra será 90 pizas dentales aprox.

Los grupos experimentales se conformaron:

Grupo I: Sistema adhesivo de Grabado y Lavado (Transbond™ XT).

Grupo II: Sistema adhesivo de Autograbado (Transbond™ Plus).

Grupo III: Sistema Autoadhesivo (Orthocem®).

Unidad de análisis:

La unidad de análisis fue una pieza dental que estuvo expuesta a tres sistemas adhesivos a las cuales se les cemento un bracket metálico y posteriormente fueron sometidos a una prueba de cizallamiento.

3.5.2 Criterios de inclusión

- Piezas dentales extraídas con una antigüedad de hasta 3 meses.
- Piezas dentales extraídas con integridad coronaria.
- Primeras y segundas premolares superiores e inferiores.
- Piezas dentales sanas.
- Piezas dentales que hayan estado durante todo el proceso en cloruro de sodio al 9%.

3.5.3 Criterios de Exclusión

- Piezas dentales con fractura coronaria.
- Piezas dentales con lesión de caries dental en la superficie donde serán cementados los brackets.

3.5.4 Muestreo

3.5.5 Tipo de Muestreo: Probabilístico.

3.6. Variable y Operacionalización:

Variable	Definición Operacional	Indicador	Escala de medición	Escala Valorativa
Sistemas adhesivos	Material que permite la unión de dos o más superficies.	1.Grabado y lavado. 2.Autograbado. 3.Autoadhesivo,	Nominal	1.Transbond TM XT – 3M 2. Transbond TM Plus – 3M 3. Orthocem® - FGM
Resistencia al cizallamiento	Es el valor de fuerza requerida para producir el desprendimiento del bracket.	Prueba de cizallamiento.	MPa	MPa
Patrón de falla	Mostrará la ubicación de las zonas donde ocurre la falla y verificará la efectividad de la técnica adhesiva. El tipo de falla adhesiva será clasificado de acuerdo con la puntuación propuestos por el ARI.	Índice de remanente adhesivo (ARI)	Ordinal	0 = no presenta remanente adhesivo en el esmalte. 1 = menos del 50% remanente adhesivo. 2 = más del 50% remanente adhesivo. 3 = 100% de remanente adhesivo, con una clara impresión de la malla del bracket.

3.6.1 Definición operacional: La resistencia al cizallamiento es el valor de la fuerza requerida para producir el corte o desplazamiento del bracket en sentido vertical.

3.7 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.7.1 Técnica:

3.7.1.1 Recolección y conservación: Los dientes fueron recolectados de consultorios privados de la ciudad de Lima, teniendo en cuenta los criterios de inclusión y exclusión, se mantuvieron en 3 recipientes de vidrio de 50ml cada uno, con suero fisiológico (cloruro de sodio 0,9%) a 4°C durante 3 meses.

3.7.1.2 Preparación de las muestras: Se sumergieron las raíces de los premolares en un molde de PVC de 3cm x1.5cm x1.5 cm con acrílico de la marca Vitacrom con el fin de permitir su manipulación, cubriendo el cuello y dejando al descubierto la corona clínica. Se usaron tres colores para diferenciar los grupos de estudio (amarillo, azul y verde). Finalmente, todas las muestras se volvieron a sumergir en suero fisiológico hasta su uso.

3.7.1.3 Acondicionamiento del esmalte y cementado de los brackets:

Previo al procedimiento del cementado de los brackets metálicos, todas las muestras fueron sometidas a una profilaxis. Se usó pasta de piedra pómez con agua, cepillo profiláctico Robinson y contrángulo de marca NSK® de baja velocidad durante 5 segundos, se cambiaron las brochas cada cinco muestras; se lavaron con agua durante 10 segundos y se secaron con aire comprimido durante 10 segundos.

Para la cementación de los brackets metálicos sobre el esmalte, se realizó de acuerdo con las indicaciones de cada fabricante:

Grupo I Grabado y lavado Transbond™ XT (30 unidades color amarillo): Sobre la cara vestibular de cada diente se aplicó ácido fosfórico al 37% (Scotchbond Etchant™) durante 15s, después se enjuagó con abundante agua por 30s y se secó con aire por 5s perpendicular al esmalte para evitar el resecado excesivo.

Se aplicó una capa de adhesivo UnitekTransbond™ XT en las caras vestibulares con un Microbrush Plus® pasando de gingival a oclusal, después se aplicó aire 5s para dispersar el primer dejando una capa delgada, uniforme y brillante.

Posteriormente, se colocó una pequeña porción de cemento Transbond™ XT sobre la base del bracket metálico Roth Balance® 0.022” x 0.018” sujetado con un porta bracket (Best-Pli®). Ubicándolo en el centro de la corona clínica siguiendo el eje longitudinal del mismo, se presionó el bracket contra el diente para liberar los excedentes y se retiró los restos con un explorador, después se realizó la polimerización con una lámpara Led (Raydent, EE.UU) con una potencia de 1000mW/cm² y una longitud de onda 450nm, por 10s (5s por mesial y 5s por distal) e a una distancia de 2 a 3 mm sobre el bracket.

Grupo II Autograbado Transbond™Plus (30 unidades color azul): Sobre la cara vestibular de cada diente se aplicó una capa de adhesivo autograbador Transbond™Plus Self Etching Primer con un Microbrush Plus® frotando en la superficie durante 5-3s, pasando de gingival a oclusal, después se aplicó aire 1-2s para dispersar el primer dejando una capa delgada, uniforme y brillante.

Posteriormente, se colocó una pequeña porción de cemento Transbond™Plus Color Change Adhesive Paste sobre la base del bracket metálico Roth Balance® 0.022” x 0.018” sujetado con un porta bracket (Best-Pli®). Ubicándolo en el centro de la corona clínica siguiendo el eje longitudinal del mismo, se presionó el bracket contra el diente para liberar los excedentes

y se retiró los restos con un explorador, después se realizó la polimerización con una lámpara Led (Raydent, EE.UU) con una potencia de 1000mW/cm² y una longitud de onda 450nm, por 10s (5s por mesial y 5s por distal) a una distancia de 2 a 3 mm sobre el bracket.

Grupo III Autoadhesivo Orthocem® (30 unidades color verde): Sobre la cara vestibular de cada diente se aplicó ácido fosfórico al 37% (Condac 37®) durante 15s, después se enjuagó con abundante agua por 30s y se secó con aire por 5s perpendicular al esmalte para evitar el resecado excesivo.

Posteriormente, se colocó una pequeña porción de cemento Orthocem® sobre la base del bracket metálico Roth Balance® 0.022” x 0.018” sujetado con un porta bracket (Best-Pli®). Ubicándolo en el centro de la corona clínica siguiendo el eje longitudinal del mismo, se presionó el bracket contra el diente para liberar los excedentes y se retiró los restos con un explorador, después se realizó la polimerización con una lámpara Led (Raydent, EE.UU) con una potencia de 1000mW/cm² y una longitud de onda 450nm, por 20s a una distancia de 2 a 3 mm sobre el bracket.

3.7.1.4 Prueba de cizallamiento y descementación de los brackets:

Se realizó en el Laboratorio THL (High Technology Laboratory Certificate).

Para esta prueba se utilizó la máquina de ensayos mecánicos LG CMT-5L Mitutoyo 200mm, marca LG, la cual fue programada a una velocidad constante de 1mm/min de acuerdo con la estandarización ISO que contempla velocidades de 0.75 ± 0.30 mm/min, un rango de fuerza de carga de 0/500 N con una precisión de ± 0.1 N.

La herramienta de corte utilizada fue un cincel ubicado en el extremo superior del bracket y luego descendió con la velocidad de carga programada ejerciendo la fuerza de cizallamiento

hasta lograr su descementado. En base a esto, se realizó cada prueba individual, se sacó cada área independiente de cada bracket y entre la fuerza aplicada se encontró la fuerza de cizallamiento en MPa.

La prueba estuvo a cargo del Ingeniero responsable del área.

3.7.1.5 Evaluación del patrón de falla:

Se realizó en el laboratorio de Medicina Bucomaxilofacial de la Facultad de Estomatología de la UPCH.

Para esta evaluación, se utilizó Estereomicroscopio Leica modelo S8APO marca Leica, con un aumento de 10X. Se tomaron fotos a todas las muestras las cuales fueron digitalizadas para posteriormente ser delimitadas y evaluadas con la ayuda del software Autocad y así obtener la cantidad de restos adhesivos presentes sobre el esmalte luego del descementado de los brackets metálicos y clasificarlos según el Índice de Adhesivo Remanente – ARI (Adhesive Remnant Index).

El índice ARI, diferencia las fallas de adhesión y su interpretación según cuatro códigos:

ARI 0: Ausencia de restos adhesivos en el esmalte.

ARI 1: Menos del 50% de los restos adhesivos en el esmalte.

ARI 2: Más del 50% de los restos adhesivos en el esmalte.

ARI 3: Todo el resto adhesivo en el esmalte, con una clara impresión de la malla del bracket.

Interpretación:

ARI 0 y ARI 1: falla cohesiva (interior de la estructura del material) a nivel de la interfase esmalte – sistema adhesivo.

ARI 2 y ARI 3: falla adhesiva (entre dos estructuras distintas) en la interfase bracket - sistema adhesivo.

3.7.2 Descripción de instrumentos: Se realizó la confección de una ficha de recolección de datos con columnas: número de muestra, grupo TransbondTMXT, grupo TransbondTMPlus y grupo Orthocem® en MPa y se registró los restos adhesivos después del descementado de los brackets mediante el ARI.

3.7.3 Validación: No pasa por proceso ya que es directa y objetiva

3.7.4 Confiabilidad: No pasa por proceso de confiabilidad.

3.8. Plan de Procesamiento y análisis de datos:

Para la ejecución del análisis estadístico, la información que se pudo recopilar fue registrada en el programa Microsoft Excel 2023, para luego ser debidamente tabulada y posteriormente, ser inscrita en el programa estadístico SPSS versión 27, el cual permitió analizar los datos procesados.

Análisis Univariado:

Para la variable resistencia a la fuerza de cizallamiento se realizaron media, desviación estándar, valor mínimo y valor máximo.

Análisis Bivariado:

Para la variable resistencia a la fuerza de cizallamiento se utilizaron los análisis Shapiro-Wilk y Kruskal Wallis.

3.9 Aspectos Éticos:

El siguiente proyecto fue aprobado por el comité de ética de la Universidad Privada Norbert Wiener.

Se realizó con el apoyo del Laboratorio HTL (High Technology Laboratory Certificate).

CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1. Resultados

4.1.1. Análisis descriptivo de resultados

Objetivo general

Comparar las diferencias entre la resistencia al cizallamiento y el patrón de falla de tres sistemas adhesivos utilizados para cementar brackets metálicos.

Objetivo Específico 1

Determinar la resistencia al cizallamiento de brackets metálicos cementados con tres sistemas adhesivos de grabado y lavado (TransbondTMXT), autograbado (TransbondTMPlus) y autoadhesivo (Orthocem®).

Tabla 1: Resistencia al cizallamiento (MPa) según sistema adhesivo

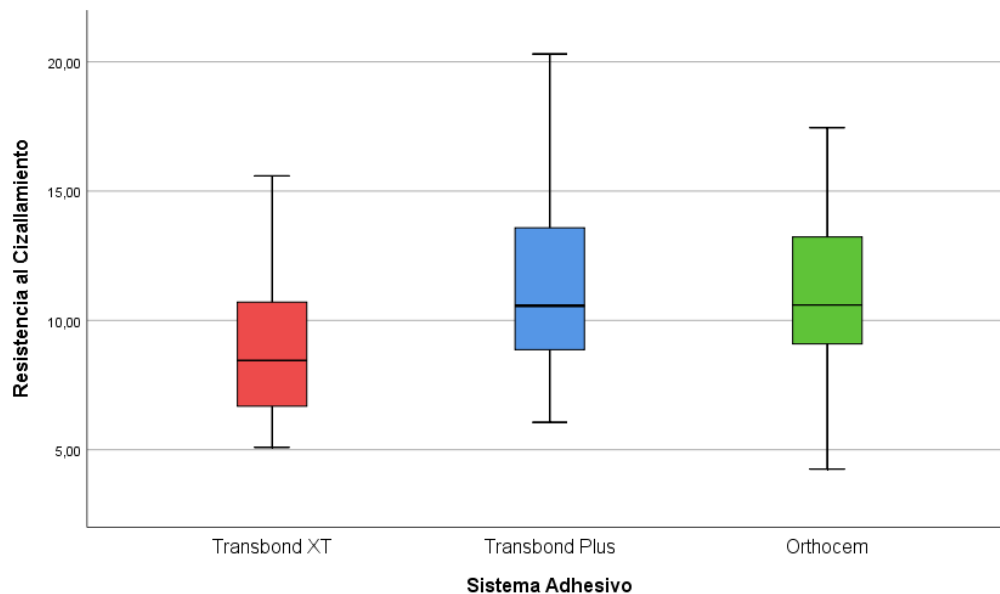
Grupo	n	Media	DE	Mediana	RIQ	Min	Max
Transbond™ XT	30	9.01	2.79	8.45	4.03	5.09	15.59
Transbond™ Plus	30	11.43	3.43	10.57	4.71	6.06	20.30
Orthocem®	30	11.04	2.99	10.59	4.14	4.25	17.45

DE= desviación estándar; RIQ= rango intercuartílico

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la tabla 1, se muestra la resistencia al cizallamiento con cada sistema adhesivo, medido en MPa donde el Transbond™XT obtuvo un promedio de 9.01 ± 2.79 MPa, mientras que el Transbond™ Plus y el Orthocem®, obtuvieron promedios de 11.43 ± 3.43 MPa y 11.04 ± 2.99 MPa, respectivamente.

Figura 1. Resistencia al cizallamiento (MPa) según sistema adhesivo



Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

En la figura 1 se muestra que en el cuartil superior, el 75% de las muestras para el sistema adhesivo Transbond™XT están entre 10-15 de resistencia y en el cuartil inferior, el 25% está por debajo de 10 de resistencia; en el cuartil superior, el 75% de las muestras para el sistema adhesivo de Transbond™Plus están entre 10-15 de resistencia y en el cuartil inferior, el 25% está por encima de 10 de resistencia; y por último en el cuartil superior, el 75% de las muestras para el sistema adhesivo de Orthocem® están entre 10-15 de resistencia y en el cuartil inferior, el 25% está por encima de 10 de resistencia.

Objetivo Específico 2

Determinar el patrón de falla de brackets metálicos cementados con tres sistemas adhesivos de grabado y lavado (Transbond™XT), autograbado (Transbond™Plus) y autoadhesivo (Orthocem®).

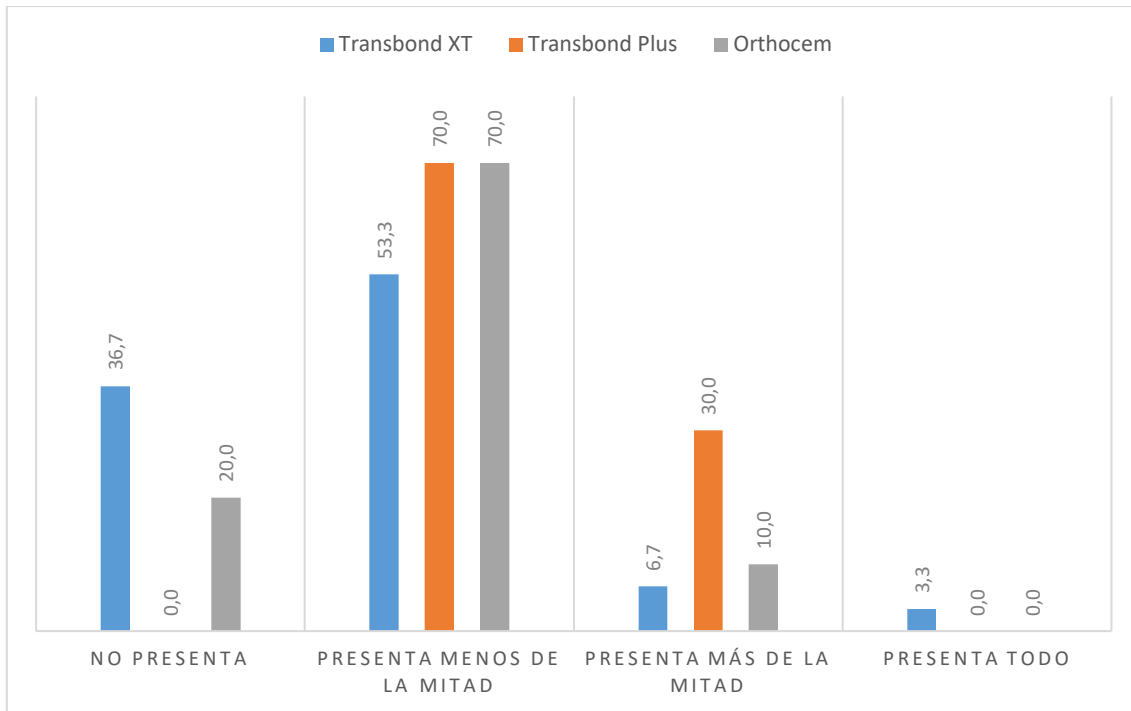
Tabla 2: Patrón de falla a través del Índice Remanente Adhesivo – ARI, según sistema adhesivo

Patrón de Falla	No presenta (ARI 0) n (%)	Presenta menos de la mitad (ARI 1) n (%)	Presenta más de la mitad (ARI 2) n (%)	Presenta todo (ARI 3) n (%)
Transbond™XT (n=30)	11 (36.7)	16 (53.3)	2 (6.7)	1 (3.3)
Transbond™Plus (n=30)	0 (0.0)	21 (70.0)	9 (30.0)	0 (0.0)
Orthocem® (n=30)	6 (20.0)	21 (70.0)	3 (10.0)	0 (0.0)

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la tabla 2, se muestra que el patrón de falla fue evaluado a través del Índice Remanente Adhesivo – ARI, donde el análisis descriptivo mostró que el Transbond™XT no presentó restos adhesivos en el esmalte en el 36.7% de las muestras, seguido por el Orthocem® con un 20% (puntuación ARI 0). Asimismo, el 70% de las muestras de Transbond™Plus y del Orthocem® presentó menos de la mitad de restos adhesivos en el esmalte (puntuación ARI 1); lo que implica que la falla cohesiva ocurrió predominantemente en la interfase esmalte / sistema adhesivo.

Figura 2. Patrón de falla a través del Índice Remanente Adhesivo – ARI, según sistema adhesivo.



Fuente: Elaboración propia

4.1.1. Prueba de hipótesis

Hipótesis general: Existen diferencias en la resistencia a la fuerza de cizallamiento y el patrón de falla entre tres sistemas adhesivos utilizados para cementar brackets metálicos.

Resistencia al Cizallamiento

Se plantean las siguientes hipótesis estadísticas:

Hipótesis Nula (H₀): No existen diferencias significativas en la resistencia al cizallamiento entre los tres sistemas adhesivos utilizados para cementar brackets metálicos.

Hipótesis Alternativa (H_a): Al menos uno de los sistemas adhesivos utilizados para cementar brackets metálicos, presenta diferencias significativas en la resistencia al cizallamiento.

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05 = 5\%$ de margen máximo de error

Regla de decisión: $p \geq 0.05 \rightarrow$ se acepta la hipótesis nula H_0

$p < 0.05 \rightarrow$ se rechaza la hipótesis nula H_0

Tabla 3. Comparación de la Resistencia al cizallamiento (MPa) entre los sistemas adhesivos

Grupo	n	Media	DE	Mediana	RIQ	P*
Transbond™ XT ^a	30	9.01	2.79	8.45	4.03	0.006
Transbond™ Plus ^b	30	11.43	3.43	10.57	4.71	
Orthocem® ^b	30	11.04	2.99	10.59	4.14	

DE= desviación estándar; RIQ= rango intercuartílico. *Prueba de Kruskal-Wallis; H=10.399.

Comparaciones entre los grupos se indican con las letras en superíndice: letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Interpretación: En la tabla 3, se muestra el contraste de hipótesis para la variable resistencia al cizallamiento, donde los resultados estadísticos determinan que los sistemas adhesivos Transbond™ Plus (autograbado) y Orthocem® (autoadhesivo), presentan la mayor resistencia, mientras que el adhesivo Transbond™XT (grabado y lavado) es estadísticamente diferente, presentando al menos resistencia al cizallamiento. Se rechaza la hipótesis nula H_0 .

Patrón de Falla

Se plantean las siguientes hipótesis estadísticas:

Hipótesis Nula (H0): No existen diferencias significativas en el patrón de falla entre los tres sistemas adhesivos utilizados para cementar brackets metálicos.

Hipótesis Alternativa (Ha): Al menos uno de los sistemas adhesivos utilizados para cementar brackets metálicos, presenta diferencias significativas en el patrón de falla.

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05 = 5\%$ de margen máximo de error

Regla de decisión: $p \geq 0.05 \rightarrow$ se acepta la hipótesis nula H0

$p < 0.05 \rightarrow$ se rechaza la hipótesis nula H0

Tabla 4. Comparación del Patrón de Falla entre los sistemas adhesivos

Patrón de Falla	No presenta	Presenta de la mitad	menos de la mitad	Presenta más de la mitad	Presenta todo	<i>P</i> *
	ARI 0	ARI 1	ARI 2	ARI 3		
	n(%)	n(%)	n(%)	n(%)		
Transbond™XT^b	11 (36.7)	16 (53.3)	2 (6.7)	1 (3.3)	0.001	
Transbond™Plus^a	0 (0.0)	21 (70.0)	9 (30.0)	0 (0.0)		
Orthocem®^b	6 (20.0)	21 (70.0)	3 (10.0)	0 (0.0)		

*Prueba de Kruskal-Wallis; $H=13.813$. Comparaciones entre los grupos se indican con las letras en superíndice: letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Interpretación: En la tabla 4, se muestra el contraste de hipótesis para la variable patrón de falla, a través del Índice Remanente Adhesivo – ARI, según sistema adhesivo, donde los resultados estadísticos determinan que los sistemas adhesivos Transbond™XT

(convencional) y Orthocem® (autoadhesivo), presentan similar patrón de falla (puntuación ARI 1), mientras que el sistema adhesivo Transbond™Plus (autograbado) es estadísticamente diferente, presentando el mayor patrón de falla, donde un 30% de las muestras presentaron más de la mitad de restos adhesivos en el esmalte (puntuación ARI 2). Lo que implica que la falla adhesiva ocurrió predominantemente en la interfase bracket / sistema adhesivo. Se rechaza la hipótesis nula H0.

4.1.2. Discusión de Resultados

Este estudio in vitro comparó la resistencia al cizallamiento de tres sistemas adhesivos diferentes que se usan en ortodoncia para el cementado de brackets metálicos sobre la superficie del esmalte de premolares superiores e inferiores. Los sistemas adhesivos utilizados fueron: grabado y lavado (Transbond™XT – 3M®), autograbado (Transbond™Plus – 3M®) y autoadhesivo (Orthocem – FGM®).

Según los resultados de la presente investigación, con respecto a la resistencia al cizallamiento, en el sistema adhesivo de grabado y lavado (Transbond™XT) se encontró un valor cercano al ideal, el cual fue de 9.01 MPa, pero, este resultado es bajo en comparación a otros estudios como los de *Bilal R et al., (2021)* y *Shalini S et al., (2023)* quienes al evaluar la resistencia al cizallamiento del sistema de grabado y lavado (convencional) teniendo el mismo protocolo de grabado, obteniendo mayores valores de 14.71 MPa y 18.05 MPa, respectivamente. (7, 12) Tal vez esto se deba al protocolo de cementación que aplicó cada autor, dado que el fabricante da sus propias instrucciones para utilizar materiales de la misma línea comercial (sistema adhesivo y cemento), tiempo de exposición del grabado ácido y también la intensidad de luz para la polimerización, instrucciones que muchas veces no son

respetadas por los investigadores. Por ejemplo, autores como *Rithika J et al., (2022)* aplicaron grabador ácido al 37% con un tiempo de exposición de 30s y *Griffin et al., (2020)* un tiempo de exposición de 60s, mostraron valores de 11.60 MPa y 9.64 MPa, respectivamente. (4, 40) A pesar de aplicar tiempos de exposición no recomendados y elevados, se obtuvieron valores de resistencia al cizallamiento cercanos al ideal. Cada vez más se encuentran publicaciones con estos tiempos de exposición. El objetivo de aumentar el tiempo de grabado ácido es obtener más rugosidad y más microporosidad en la superficie del esmalte, en el afán de crear mayor retención mecánica al aplicar el sistema adhesivo (tags) y posteriormente realizar la cementación de los brackets. Pero, queda demostrado, que el acondicionamiento con ácido fosfórico al 37% por 30s o más, no produce un aumento en la resistencia al cizallamiento. En resumen, cuanto más penetre el ácido grabador en la superficie del esmalte, mayor será la penetración del adhesivo sobre el mismo y también, mayor será el riesgo de daño en la superficie del mismo. (41) Ante este problema, *Zheng et al., (2022)* compararon el tratamiento de la superficie del esmalte con ácido grabador y con hipoclorito de sodio, este último, puede aumentar el grado de penetración del sistema adhesivo sobre el esmalte debido a la desproteinización que produce, obteniendo así resistencias al cizallamiento cercanas a los valores ideales y aceptables clínicamente. Los resultados obtenidos por este autor, sugieren que el tratamiento de la superficie del esmalte solo con hipoclorito alcanza resistencias al cizallamiento bajas, como las que obtuvieron de 7.4MPa. Valor que según Reynolds, estaría dentro de los límites adecuados. Sin embargo, estos mismos autores, recomiendan realizar el grabado ácido en el esmalte para lograr una mejor resistencia al cizallamiento. (41)

Algunos autores mencionan que es importante considerar que la fuerza adhesiva debe permitir el descementado de los brackets sin dañar el esmalte al final del tratamiento. Así,

Reynolds (1975) informó de un rango de resistencia ideal de 5,9 a 7,9 MPa. **Diedrich (1980)** sugiere un rango de 5 a 10 MPa; mientras que **Agarwal et al., (2020)** y **Morales et al., (2022)** proponen un rango de 6 a 8 MPa. Otros investigadores han reportado que valores superiores a 20 MPa y 40 MPa pueden aumentar el riesgo de fractura del esmalte por presentar una falla cohesiva en su estructura. (53) Los tres sistemas adhesivos estudiados, presentaron una resistencia al cizallamiento mayor a 9MPa siendo un resultado cercano al rango ideal según **Diedrich (1980)** (7).

Ante esta premisa, se sugiere el uso de sistemas adhesivos de autograbado o autoadhesivos con miras a un tratamiento más conservador. (42) El presente estudio consideró utilizar el sistema adhesivo de autograbado que cambia de color, Transbond™Plus y el sistema autoadhesivo Orthocem® obteniendo una resistencia al cizallamiento de 11.43MPa y 11.04 MPa, respectivamente. Para estos sistemas se utilizaron diferentes protocolos de polimerización, dentro de los cuales se consideró el tiempo de polimerización (10s y 20s), la potencia de luz (potencia alta) y el tipo de polimerización (co - curado), aun así, los valores encontrados también resultan ser cercanos al ideal, pero bajos en comparación a otros estudios internacionales. Tal como el estudio de **Guravaiah et al., (2023)** quienes compararon la resistencia al cizallamiento de dos sistemas adhesivos de autograbado que cambian de color (Transbond™Plus y Greengloo™), utilizando diferentes intensidades de luz y marcas comerciales de lámparas led. Encontraron que al realizar una polimerización de 6s (con intensidad de luz de 2400 mW/cm²) obtuvieron valores de 15.5 y 22.82 MPa, respectivamente y los polimerizados a 20s (con intensidad de luz de 1400 mW/cm²) obtuvieron valores de 15.90 y 18.14 MPa, respectivamente, siendo valores altos y alejados del ideal. (21)

En tal sentido, los resultados obtenidos en el presente estudio para los sistemas adhesivos de grabado y lavado (Transbond™XT) y autograbado (Transbond™Plus), van en coherencia con la propuesta de *Almeida et al., (2018)* quienes sugieren que disminuir el tiempo de polimerización, reduce significativamente la resistencia al cizallamiento incluso utilizando una lámpara led de alta potencia (45). Sin embargo, difiere con los resultados obtenidos en este estudio para el sistema autoadhesivo (Orthocem®), el cual fue polimerizado por 20s a alta potencia y obtuvo 11.04 MPa. A pesar de que se polimerizó por el doble de tiempo, el resultado sigue estando dentro del promedio ideal. A diferencia de lo que se encontró en la presente investigación, *Mauricio et al., (2023)* en su estudio comparativo, utilizando también un sistema autoadhesivo (Orthocem®) para cementar brackets metálicos en dientes de bovinos polimerizando durante 20s a diferentes potencias de luz, encontró valores distintos para la resistencia al cizallamiento: potencia intermedia a 13.92 MPa, baja a 18.80 MPa, y alta a 17.39 MPa. Resultados que indican que la polimerización, aún expuesta a baja potencia, arroja valores demasiado altos y lejanos a los ideales sugeridos. (43)

El método que se utilizó en el presente estudio para el cementado de los brackets, fue siguiendo estrictamente las instrucciones de cada fabricante. En este caso, el protocolo aplicado para el sistema adhesivo de grabado y lavado (Transbond™XT), fue de co – curado (se aplicó el sistema adhesivo sobre el esmalte, luego se aplicó el cemento sobre la base el bracket y se polimerizó por 10s) de esta manera se obtuvo una resistencia al cizallamiento de 9.04MPa. Resultados que concuerdan con el estudio de *Vattaparambil et al., (2022)* quienes compararon la resistencia al cizallamiento de brackets metálicos utilizando tres sistemas adhesivos de grabado y lavado (convencional). Para el procedimiento del cementado, los autores mencionados aplicaron dos protocolos: pre – curado y co - curado. Estos autores observaron que la resistencia al cizallamiento más alta fue en el grupo con pre - curado de

20,5MPa y el más bajo fue en el grupo de co - curado de 7,5MPa. Este último resultado, obtuvo un valor más bajo que el encontrado en el presente estudio, aunque se ubica dentro del rango ideal. Lo que demuestra que las recomendaciones del fabricante en cuanto al protocolo de polimerización de co – curado, ofrece valores aceptables para su uso clínico, por lo tanto, brinda rapidez en la atención a los pacientes (44)

La variedad en los resultados obtenidos en la presente investigación, en relación a la resistencia al cizallamiento en comparación a los resultados de otros autores, puede estar relacionada también al tipo de bracket que eligió cada autor. La presente investigación utilizó brackets metálicos con diseño de base tipo malla y se obtuvieron valores cercanos al ideal. Lo que quiere decir, que el diseño de la base del bracket, sí influyó en los resultados. La importancia de esto radica en que se le suele sugerir al ortodoncista, el uso de brackets metálicos con diseño en su base: estructurada con láser o con ranuras de retención, porque han demostrado ser más resistentes al cizallamiento, pero, por otro lado, presentan mayor resistencia al cizallamiento. Afirmación que coincide con el trabajo de *Corahua-Raymi et al., (2024)* quienes encontraron que los brackets con diseño de base tipo malla, mostraron una resistencia al cizallamiento de 9.6MPa, siendo menor al compararlo con los brackets que tuvieron un diseño diferente en sus bases (estructurada con láser de 14.7MPa y con ranuras de retención de 15.3MPa). (10)

En la presente investigación, también se evaluó los restos adhesivos que quedan sobre el esmalte dental luego de la descementación de los brackets. Según los resultados, el sistema adhesivo de autograbado (Transbond™Plus) presentó el mayor patrón de falla presentando una puntuación de ARI 02 en el 30% de las muestras, lo que significa que la falla fue adhesiva y ocurrió en la interfaz bracket – sistema adhesivo. Esto significa que el ortodoncista demorará más tiempo en eliminar los restos adhesivos seguido de un pulido final. Estas

medidas provocarían entonces, más daño en la superficie del esmalte como un desgaste excesivo, rayaduras o la posibilidad de presentar grietas en el futuro. (28) Estos resultados no coinciden con el estudio realizado por *Bayani et al., (2015)* quienes concluyeron que en ninguno de los grupos evaluados se presentó una falla en la interfaz bracket – sistema adhesivo. Pero si encontraron que el sistema adhesivo de autograbado (Transbond™Plus), tuvo las puntuaciones de ARI modificado más altas, en donde el 88,8% de las muestras mostraron un ARI 02, ARI 03 y ARI 04, lo que significa que la falla fue cohesiva y ocurrió en la interfaz esmalte – sistema adhesivo. (42)

Para los otros dos sistemas adhesivos estudiados en el presente estudio de grabado y lavado (Transbond™XT) y autoadhesivo (Orthocem®), el 70% de las muestras, presentaron similar patrón de falla, puntuación ARI 01. A diferencia de *Santos et al., (2021)* quienes observaron que el 41.66% de las muestras evaluadas, obtuvieron puntuaciones ARI 02 para los sistemas adhesivos de grabado y lavado (Orthobond Plus® cambio de color) y autoadhesivo (Biofix® fluorescente). (24)

Muchas investigaciones concuerdan en que los sistemas adhesivos de autograbado, generan menos “daño” en la superficie del esmalte, tanto que los fabricantes han implementado en la composición de los cementos, el distintivo de “cambio de color” o “fluorescente”, con el propósito de facilitar la discriminación entre el sistema adhesivo y el esmalte. Porque proporcionan un color distinto al diente facilitando la eliminación de los excesos al cementar el bracket y una fluorescencia que se visualiza al pasar la luz azul de las lámparas y así eliminar los restos adhesivo después de la descementación. (45)

En general, el cementado y el descementado de los brackets, deberían resultar en un daño mínimo al esmalte, pero la literatura muestra una mayor pérdida de esmalte cuando se usa el sistema de grabado y lavado en comparación con un sistema de autograbado. Según los

resultados obtenidos en la presente investigación, los cuales difieren de algunos autores, el sistema adhesivo de grabado y lavado, así como el autoadhesivo, se puede utilizar de forma segura para la cementación de brackets, mostrando una buena resistencia al cizallamiento, pero al momento del descementado, puede originar menor daño a la superficie del esmalte. Es por ello, que es preferible tener una puntuación ARI 0 o ARI 1, ya que, al haber una mínima cantidad de restos adhesivos sobre el esmalte, facilita mucho su eliminación y ocupa un menor tiempo clínico. (27)

Además, está claro que los estudios in vitro no se pueden extrapolar a lo que pasa en la realidad en la cavidad bucal, por lo que no todos los factores pueden ser tomados en cuenta. Los resultados de este estudio determinan que el uso de un sistema adhesivo de grabado y lavado puede utilizarse de forma segura para cementar los brackets con un menor patrón de falla, lo cual, lo sigue convirtiendo en un método viable y de primera elección para los ortodontistas y, por consiguiente, sigue siendo utilizado como grupo control para diferentes investigaciones.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se encontró que la mejor resistencia al cizallamiento fue obtenida por dos sistemas adhesivos, de autograbado (Transbond Plus) y el autoadhesivo (Orthocem), los cuales mostraron valores promedios ligeramente alejados al ideal, siendo de 11.43 ± 3.43 MPa y 11.04 ± 2.99 MPa, respectivamente. Mientras que, el sistema adhesivo de grabado y lavado (Transbond XT) mostró un valor promedio de 9.01 ± 2.79 MPa,

mucho más cercano al ideal, siendo estadísticamente diferente, pero presentando al menos resistencia al cizallamiento.

- A través de la escala de valores del Índice Remanente Adhesivo – ARI, según sistema adhesivo, los sistemas adhesivos de autograbado (Transbond XT) y autoadhesivo (Orthocem), presentan similar patrón de falla, mientras que el adhesivo de autograbado (Transbond Plus) es estadísticamente diferente, presentando el mayor patrón de falla, donde un 30% de las muestras presentaron una puntuación ARI 2, donde más del 50% de adhesivo remante en el esmalte.

5.2. Recomendaciones

- De acuerdo con las limitaciones de esta investigación, se sugiere realizar más estudios comparativos considerando las marcas comerciales que se utilizan con frecuencia en Perú, tanto para el uso de la lámpara de polimerización como para los diferentes sistemas de autograbado y los autoadhesivos, los cuales facilitan el trabajo clínico, pero no todos los ortodoncistas hacen una correcta manipulación del material según las indicaciones del fabricante.
- Incentivar y dar a conocer sobre las marcas comerciales que ya están disponibles en nuestro medio para elegir sistemas adhesivos que cambian de color y que son fluorescentes, esto facilitaría al ortodoncista el proceso de eliminación de excesos del cemento y para el descementado, con la ayuda de una luz azul, ayuda a identificar y a facilitar la eliminación de los restos adhesivos de manera conservadora.
- Además, los hallazgos de este estudio se obtuvieron bajo condiciones controladas tales como sucede en un estudio in vitro, pudiendo ser diferente a lo que realmente

ocurre en condiciones intraorales, por lo tanto, no podría extrapolarse a lo que sucede en la realidad al 100%.

- Se observó, que no hay diferencias en elegir un protocolo de polimerización de pre - curado o de co - curado al momento de cementar los brackets. Entonces, el profesional podría utilizar el protocolo de co - curado, para ahorrar tiempo clínico.
- Según los resultados de este estudio, se puede recomendar al ortodontista el uso seguro de estas tres marcas comerciales, siempre y cuando sigan las indicaciones de los fabricantes.

Referencias Bibliográficas:

1. Fuentes G.A. estudio in vitro comparativo de la fuerza adhesión de un ionómero y dos resinas utilizadas para adherir brackets. [Tesis]. Lima (Perú): UNMSM; 2002.
2. Bakhadher W, Halawany H, Talic N, Abraham N, Jacob V. Factors affecting the shear bond strength of orthodontic brackets - A review of in vitro studies. *Acta Médica (Hradec Kralove)*. 2015;58(2):43-8.
3. Nawrocka A, Piwonski I, Nowak J, Sauro S, García-Esparza M.A, Hardan L, Lukomska Szymanska M. The influence of indirect bonding technique on adhesion of orthodontic brackets and post-debonding enamel integrity - An in vitro study. *Materials*. 2023;16(22):7202.
4. Joseph R, Ahmed N, Younus A, et al. Evaluation of shear bond strength of a primer incorporated orthodontic composite resin: An in-vitro study. *Cureus*. 2022;14(4):e24088.
5. Mohammadi A, Pourkhameneh S, Sadhraghghi AH. The effect of different force magnitudes for placement of orthodontic brackets on shear bond strength, in three adhesive systems. *J Clin Exp Dent*. 2018;10(6):e548-54.
6. Reicheneder CA, Gedrange T, Lange A, Baumert U, Proff P. Shear and tensile bond strength comparison of various contemporary orthodontic adhesive systems: an in-vitro study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2009;135(4): 422.e1-6.
7. Bilal R. An in vitro study to compare the shear bond strength of orthodontic brackets bonded to permanent teeth by using conventional acid-etching and self-etching primers. *Dental Hypotheses*. 2021; 12:155-60.
8. AlSamak S, Alsaleem NR, Ahmed MK. Evaluation of the shear bond strength and adhesive remnant index of color change, fluorescent, and conventional orthodontic adhesives: An in vitro study. *Int Orthod*. 2023;21(1):100712.
9. Eren HK, Bilgiç Zortuk F. Effects of different primers and colouring solutions on orthodontic bonding: shear bond strength and colour change. *Clin Oral Investig*. 2024;25;28(5):271.
10. Corahua-Raymi N, Guardia-Huamani S, Cervantes-Ganoza L, Castro Ramírez L, López-Gurreonero C, Cornejo-Pinto A, Cayo-Rojas C. Shear bond strength of three different metal bracket base designs on human premolars: An in vitro comparative study. *J Clin Exp Dent*. 2024;16(1): e78-83.
11. Tallani S, Singla R, Singla N et al. Clinical performance of light-cured orthodontic adhesives for bonding brackets – an in-vitro study. *F1000Res*. 2023; 7(12):1442.
12. Shalini S, Jha A, Kashyap, et al. A Comparison of the Shear Bond Strength of Orthodontic Brackets Bonded With Different Orthodontic Adhesives. *Cureus*. 2023;15(5): e39115.
13. Esteban Herrera I. Fracasos en la adhesión. *Avances en Odontoestomatología*. [Internet]. 2005 [citado el 20 de julio de 2024];21(2):63-69. Disponible en:

[http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-12852005000200002&lng=es.](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-12852005000200002&lng=es)

14. Thanos C E, Munholland T, Caputo A A. Adhesion of mesh base direct bonding brackets. *Am J Orthod.* 1979; 75:421-30.
15. Wickwire N A, Rentz D. Enamel pretreatment: a critical variable in direct bonding systems. *Am J Orthod.* 1973; 64:499-512.
16. Bucur S M, Bud A, Gligor A, Vlása A, Cocos D I, Bud E.S. Observational study regarding two bonding systems and the challenges of their use in orthodontics: An in vitro evaluation. *Appl. Sci.* 2021; 11(15), 7091.
17. Hermsen R J, Vrijhoef M M. Loss of enamel due to etching with phosphoric or maleic acid. *Dent Mater.* 1993; 9:332– 336.
18. Eminkahyagil N, Arman A, C, etinsxahin A, Karabulut E. Effect of resin removal methods on enamel and shear bond strength of rebonded brackets. *Angle Orthod.* 2006;76: 314–321.
19. Siddarth B, Aileni K R, Rachala M R, Dasari A K, Mallepally J P, Thadisina P R, Navab S. Comparative evaluation and influence of new Optibond eXTRa self-etch Universal adhesive and conventional Transbond XT on shear bond strength of orthodontic Brackets- An in vitro study. *J Orthodont Sci.* 2022; 11:43.
20. AlSamak S, Alsaleem NR, Ahmed MK. Evaluation of the shear bond strength and adhesive remnant index of color change, fluorescent, and conventional orthodontic adhesives: An in vitro study. *Int Orthod.* 2023 Mar;21(1):100712.
21. Guravaiah D, Prudhvi K, Sonika Mani Kiran S, et al. (June 25, 2023) An In-Vitro Comparison of Shear Bond Strength and Adhesive Remnant Score Between Two Color Change Adhesives in Orthodontic Bonding With Reduced Curing Time Using Different High-Intensity Light Emitting Diode Units. *Cureus.* 15(6): e40951.
22. Joseph R, Ahmed N, Younus A A, et al. Evaluation of Shear Bond Strength of a Primer Incorporated Orthodontic Composite Resin: An In-Vitro Study. *Cureus.* 2022;14(4): e24088.
23. Bhattacharjee D, Sharma K, Sahu R, Neha K, Kumari A, Rai A. Comparative Evaluation of Shear Bond Strength of Brackets Bonded with self Etch Primer/Adhesive and Conventional Etch/Primer and Adhesive System. *J Pharm Bioallied Sci.* 2021;13:S1168-S1173.
24. Santos LK, Rocha RH, Pereira Barroso AC, Otoni RP, Carvalho de Oliveira Santos c, Fonseca-Silva T. Comparative analysis of adhesive remnant index of orthodontic adhesive systems. *South Eur J Orthod Dentofac Res.* 2021;8(2):26-30.
25. Delavarian M, Rahimi F, Mohammadi R, Imani M M. Shear bond strength of ceramic and metal brackets bonded to enamel using color-change adhesive. *Dent Res J* 2019;16:233-8.

26. Estrada S.D. Resistencia de unión de tres protocolos adhesivos al esmalte dental después del uso de dentífricos blanqueadores. [Tesis]. Lima, Perú: Universidad Peruana Cayetano Heredia. 2018. 58p.
27. Loguercio A, Reis A. Sistemas adhesivos. *RODYB*. 2006; 1(2):13-28. 14.
28. Choque E.L. Evaluación in vitro de la resistencia de unión de un adhesivo universal aplicado en diferentes protocolos de adhesión entre cerámica feldespática y una resina compuesta. [Tesis]. Lima, Perú: Universidad Peruana Cayetano Heredia. 2018. 88p.
29. Nacabayashi, W: Fundamentos de adhesión y capa híbrida. *Am Orthod*. 1997.
30. Eminkahyagil N, Arman A, C, etinsxahin A, Karabulut E. Effect of resin-removal methods on enamel and shear bond strength of rebonded brackets. *Angle Orthod*. 2006;76: 314–321.
31. Bishara SE, Olsen ME, Damon P, Jakobsen JR. Evaluation of a newlight cured orthodontic bonding adhesive. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1998;114:80-7.
32. Chacón Gahona K B, Morales Bravo B R, Vintimilla Coronel S E, Sarmiento Criollo PF. Evolución y efectividad de los sistemas adhesivos de séptima y octava generación en restauraciones directas. Una revisión. *Rev Cient Odontol (Lima)*. 2023;28;11(4):e178.
33. Vargas Moreno J A. Estudio comparativo in vitro de la resistencia al descementado de brackets cerámicos que han sido adheridos al esmalte dentario con tres sistemas de preparación previa, utilizando como sistema adhesivo resina Transbond XT 3M y su respectivo análisis al MEB. [Tesis]. Ecuador. Universidad San Francisco de Quito. 2015.
34. Reynolds IR. A review of direct orthodontic bonding. *Br J Orthod* 1975;2:171-8.
35. Yanac Calero D. N. Resistencia adhesiva frente a fuerzas de cizallamiento de los brackets metálicos empleando diferentes cementos adhesivos. Estudio in vitro. [Tesis]. Perú. Universidad Privada Norbert Wiener. 2021.
36. Artun J, Bergland S. Clinical trials with crystal growth conditioning as an alternative to acid-etch enamel pretreatment. *Am J Ortho*. 1984; 85(4):333-340.
37. García L.M. Vicente Hernández A. Bravo González L.A. Evaluación de la fuerza adhesiva de brackets con bases de diferentes diseños. *Ortod. Esp*. 2016; 54 (2); 27-32.
38. Barón AdR, García MA, Pacheco DI, Parra DY, López CB. Adhesión y tipo de falla de un sistema adhesivo autograbadador en la cementación de brackets. *Journal Odont Col*. 2014;7(13):26-32.
39. Dallel I, Lahwar S, Jerbi MA, Tobji S, Ben Amor A, Kassab A. Impact of adhesive system generation and light curing units on orthodontic bonding: In vitro study. *Int Orthod*. 2019;17(4):799-805.
40. Griffin J, Ruddy M, Mavreas D, Nace S, Vande Vannet B, Stanton KT. Comparison of shear bond strength and ARI of four different adhesive systems used to bond molar tubes: An in vitro study. *Int Orthod*. 2021;19(1):117-122.

41. Zheng BW, Cao S, Al-Somairi MAA, He J, Liu Y. Effect of enamel-surface modifications on shear bond strength using different adhesive materials. *BMC Oral Health*. 2022;7;22(1):224.
42. Bayani S, Ghassemi A, Manafi S, Delavarian M. Shear bond strength of orthodontic color-change adhesives with different light curing times. *Dent Res J (Isfahan)*. 2015;12(3):265-70.
43. Mauricio F, Medina J, Mauricio C, Vilchez L, Mendoza R, Mayta Tovalino F. Shear strength of metal brackets using LED lamps with different wavelengths: An in vitro comparative study. *J Orthodont Sci*. 2023;12:47.
44. Vattaparambil S, Shaloob M, Antony V, et al. Influence of Primer Pre-curing and Co-curing on Shear Bond Strength of Orthodontic Brackets Using Three Light-cure Adhesive Systems: An In Vitro Study. *J Contemp Dent Pract* 2022;23(9):900–906.
45. Sharma S, Tandon P, Nagar A, Singh G P, Singh A, Chugh V K. A comparison of shear bond strength of orthodontic brackets bonded with four different orthodontic adhesives. *J Orthod Sci*. 2014;3(2):29-33.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Consistencia

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DISEÑO METODOLÓGICO
<p>Problema general:</p> <p>¿Cuáles son las diferencias significativas entre la resistencia al cizallamiento y el patrón de falla de tres sistemas adhesivos utilizados para cementar brackets metálicos?</p> <p>Problemas específicos:</p> <p>1. ¿Existen diferencias en la resistencia al cizallamiento entre los tres sistemas adhesivos utilizados para cementar brackets metálicos?</p> <p>2. ¿Existen diferencias en y el patrón de falla entre los tres sistemas adhesivos utilizados para cementar brackets metálicos?</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>Comparar las diferencias entre la resistencia al cizallamiento y el patrón de falla de tres sistemas adhesivos utilizados para cementar brackets metálicos.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <p>1. Determinar la resistencia al cizallamiento de los tres sistemas adhesivos utilizados para cementar brackets metálicos.</p> <p>2. Determinar el patrón de falla con los tres sistemas adhesivos utilizados para cementar brackets metálicos.</p>	<p>Hipótesis general:</p> <p>Hi: Existen diferencias en la resistencia al cizallamiento y el patrón de falla entre los tres sistemas adhesivos utilizados para cementar brackets metálicos.</p> <p>Ho: No existen diferencias en la resistencia al cizallamiento y el patrón de falla entre los tres sistemas adhesivos utilizados para cementar brackets metálicos.</p> <p>Hipótesis específicas:</p> <p>1.Hi: Existen diferencias en la resistencia al cizallamiento entre los tres sistemas adhesivos utilizados para cementar brackets metálicos. Ho: No existen diferencias en la resistencia al cizallamiento entre los tres sistemas adhesivos utilizados para cementar brackets metálicos.</p> <p>2.Hi: Existen diferencias en el patrón de falla entre los tres sistemas adhesivos utilizados para cementar brackets metálicos. Ho: No existen diferencias en el patrón de falla entre los tres sistemas adhesivos utilizados para cementar brackets metálicos.</p>	<p>Variables</p> <p>1.Sistemas adhesivos</p> <p>2.Resistencia al cizallamiento</p> <p>3.Patrón de falla</p>	<p>Tipo de investigación: Comparativo prospectivo transversal</p> <p>Método y diseño de la investigación:</p> <p>Método: hipotético y deductivo</p> <p>Diseño: Experimental, comparativo y longitudinal.</p>

Anexo 2. Instrumentos de recolección de datos

Prueba de resistencia al cizallamiento (MPa)

N°	Fecha:		
	Valores de resistencia al cizallamiento en la unidad Mpa		
	Sistema Adhesivo		
	Grupo I	Grupo II	Grupo III
Muestra 1			
Muestra 2			
Muestra 3			
Muestra 4			
Muestra 5			
Muestra 6			
Muestra 7			
Muestra 8			
Muestra 9			
Muestra 10			
Muestra 11			
Muestra 12			
Muestra 13			
Muestra 14			
Muestra 15			
Muestra 16			
Muestra 17			
Muestra 18			
Muestra 19			
Muestra 20			

Escala de valores del Índice Remanente Adhesivo - ARI

N°	Fecha:											
	Escala de valores ARI											
	Sistema Adhesivo											
	Grupo I				Grupo II				Grupo III			
	ARI 0	ARI 1	ARI 2	ARI 3	ARI 0	ARI 1	ARI 2	ARI 3	ARI 0	ARI 1	ARI 2	ARI 3
Muestra 1												
Muestra 2												
Muestra 3												
Muestra 4												
Muestra 5												
Muestra 6												
Muestra 7												
Muestra 8												
Muestra 9												
Muestra 10												
Muestra 11												
Muestra 12												
Muestra 13												
Muestra 14												
Muestra 15												
Muestra 16												
Muestra 17												
Muestra 18												
Muestra 19												
Muestra 20												

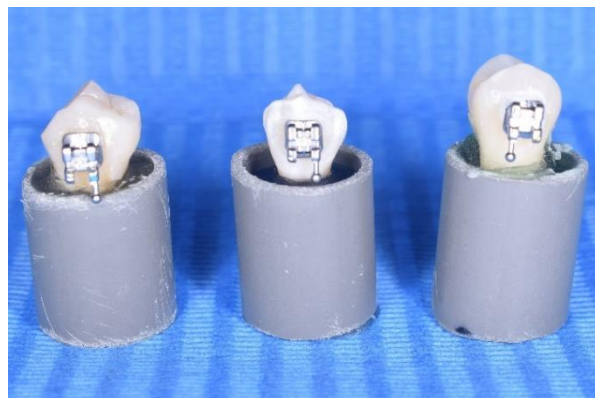
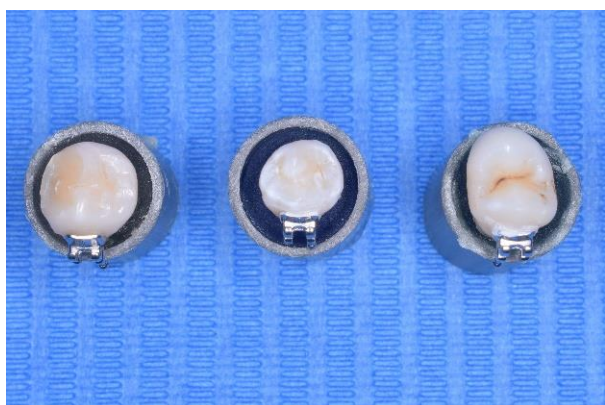
Anexo 3. Aprobación del Comité de Ética



Anexo 4. Evidencias fotográficas

Figura 1

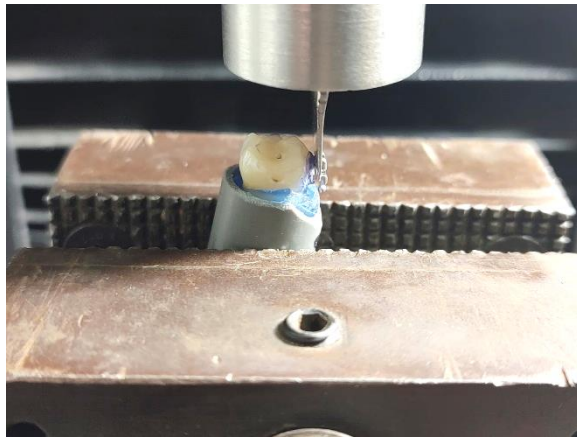
Preparación de muestras



Muestras distribuidas en 3 grupos



Prueba de Cizallamiento



Estereomicroscopio



● 12% de similitud general

Principales fuentes encontradas en las siguientes bases de datos:

- 10% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 6% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

FUENTES PRINCIPALES

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	repositorio.uwiener.edu.pe Internet	3%
2	repositorio.ucv.edu.pe Internet	1%
3	docplayer.es Internet	<1%
4	Eira López Palacios, Gabriel Sáez Espínola. "Propiedades físicas de cu..." Crossref	<1%
5	dentaltix.com Internet	<1%
6	ncbi.nlm.nih.gov Internet	<1%
7	researchgate.net Internet	<1%
8	hdl.handle.net Internet	<1%