



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO DE BRACKETS METÁLICOS FIJADOS CON DOS SISTEMAS ADHESIVOS. IN VITRO

**Línea de investigación:
Biomateriales**

Tesis para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista

Autora

Rojas Jorge, Rosa

Asesor

Mauricio Valentín, Franco Raúl

ORCID: 0000-0003-3658-0302

Jurado

Sotomayor Mancicidor, Oscar Vicente

Mendoza Murillo, Paul Orestes

Galarza Valencia, Diego Javier

Lima - Perú

2025



RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO DE BRACKETS METÁLICOS FIJADOS CON DOS SISTEMAS ADHESIVOS. IN VITRO

INFORME DE ORIGINALIDAD

22%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

12%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|----|---|-----|
| 1 | hdl.handle.net Fuente de Internet | 8% |
| 2 | Submitted to Universidad Nacional Federico Villarreal Trabajo del estudiante | 5% |
| 3 | repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet | 3% |
| 4 | repositorio.usmp.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 5 | Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante | <1% |
| 6 | repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet | <1% |
| 7 | alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet | <1% |
| 8 | up-rid.up.ac.pa Fuente de Internet | <1% |
| 9 | bdigital.dgse.uaa.mx:8080 Fuente de Internet | <1% |
| 10 | worldwidescience.org Fuente de Internet | <1% |
| 11 | scholar.archive.org Fuente de Internet | <1% |

old.oalib.com



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO DE BRACKETS METÁLICOS FIJADOS CON
DOS SISTEMAS ADHESIVOS. IN VITRO

Línea de Investigación:

Biomateriales

Tesis para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista

Autora

Rojas Jorge, Rosa

Asesor

Mauricio Valentín, Franco Raúl

ORCID: 0000-0003-3658-0302

Jurado

Sotomayor Mancicidor, Oscar Vicente

Mendoza Murillo, Paul Orestes

Galarza Valencia, Diego Javier

Lima – Perú

2025

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada a Dios. También a mi madre María, a mi padre Avilio y a mi hermana Angela, quienes han sido el motivo para que lograra concluir mi carrera. Agradezco especialmente a mis amigos por haber estado siempre a mi lado, brindándome sus consejos y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

A mi amada alma mater, por ser haber sido una base clave para mi progreso tanto académico como profesional, proporcionándome los recursos y saberes esenciales para avanzar en mi trayectoria profesional. De igual manera, expreso mi profundo agradecimiento al Dr. Esp. Franco Raúl Mauricio Valentín, mi mentor, por su guía enestimable, su continuo respaldo y su compromiso a lo largo de este camino.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| RESUMEN | x |
| ABSTRACT..... | xi |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1. Descripción y formulación del problema..... | 2 |
| 1.2. Antecedentes | 3 |
| 1.2.1. Nacionales..... | 3 |
| 1.2.2. Internacionales | 5 |
| 1.3. Objetivos | 7 |
| 1.3.1. Objetivo general..... | 7 |
| 1.3.2. Objetivos específicos..... | 7 |
| 1.4. Justificación | 7 |
| 1.5. Hipótesis | 8 |
| II. MARCO TEÓRICO | 9 |
| 2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación | 9 |
| 2.1.1. Fundamentos de adhesión en ortodoncia | 9 |
| 2.1.2. Brackets metálicos | 10 |
| 2.1.3. Sistemas adhesivos..... | 11 |
| 2.1.4. Sistemas adhesivos específicos en ortodoncia..... | 12 |
| 2.1.5. Evaluación de la resistencia al cizallamiento | 13 |
| 2.1.6. Diseño experimental en estudios de adhesión | 14 |
| III. MÉTODO | 16 |
| 3.1. Tipo de investigación..... | 16 |
| 3.2. Ámbito temporal y espacial | 16 |
| 3.3. Variables | 16 |

| | |
|---|----|
| 3.3.1. <i>Variable principal</i> | 16 |
| 3.3.2. <i>Operacionalización de variables</i> | 16 |
| 3.4. Población y muestra | 16 |
| 3.4.1. <i>Criterios de selección</i> | 17 |
| 3.5. Instrumentos..... | 17 |
| 3.5.1. <i>Ficha de recolección de datos</i> | 17 |
| 3.5.2. <i>Lámpara led fotocurado B-CURE Woodpecker</i> | 17 |
| 3.5.3. <i>Máquina digital de ensayo universal CMT -5L</i> | 18 |
| 3.6. Procedimientos..... | 18 |
| 3.7. Análisis de datos | 19 |
| 3.8. Consideraciones éticas | 20 |
| IV. RESULTADOS | 21 |
| V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 25 |
| VI. CONCLUSIONES | 28 |
| VII. RECOMENDACIONES | 29 |
| VIII. REFERENCIAS | 30 |
| IX. ANEXOS | 34 |
| 9.1. Anexo A | 34 |
| 9.1.1. <i>Matriz de consistencia</i> | 34 |
| 9.2. Anexo B | 36 |
| 9.2.1. <i>Ficha de recolección de datos</i> | 36 |
| 9.3. Anexo C | 37 |
| 9.3.1. <i>Resultados de la resistencia al cizallamiento</i> | 37 |
| 9.4. Anexo D | 39 |
| 9.4.1. <i>Certificado de calibración</i> | 39 |

| | |
|---|----|
| 9.5. Anexo E | 46 |
| 9.5.1. <i>Certificado de donación de dientes premolares</i> | 46 |
| 9.6. Anexo F..... | 47 |
| 9.6.1. <i>Acta de aprobación de comisión de ética</i> | 47 |
| 9.7. Anexo G | 48 |
| 9.7.1. <i>Evidencia fotográfica</i> | 48 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Evaluación de la distribución de datos..... | 21 |
| Tabla 2. Determinar la resistencia al cizallamiento de los brackets metálicos fijados con el sistema adhesivo Orthobond Plus..... | 21 |
| Tabla 3. Determinar la resistencia al cizallamiento de los brackets metálicos fijados con el sistema adhesivo Orthocem..... | 22 |
| Tabla 4. Comparar la resistencia al cizallamiento de brackets metálicos fijados con dos sistemas adhesivos (Orthocem y Orthobond Plus..... | 23 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. La resistencia promedio con el sistema adhesivo Orthobond Plus..... | 22 |
| Figura 2. La resistencia promedio con el sistema adhesivo Orthocem..... | 23 |
| Figura 3. La resistencia promedio con el sistema adhesivo Orthocem y Orthobond Plus..... | 24 |

RESUMEN

Objetivo: Comparar la resistencia al cizallamiento de brackets metálicos fijados con dos sistemas adhesivos. In vitro. **Método:** Se realizó un estudio experimental, analítico, transversal, prospectivo y comparativo. La muestra estuvo conformada por 60 premolares distribuidos en dos grupos: 30 piezas dentales con brackets adheridos con el adhesivo Orthocem y 30 con el adhesivo Orthobond Plus. Se utilizó una máquina digital de ensayos universales para medir la resistencia al cizallamiento en Mega Pascales (MPa). El análisis estadístico se realizó con STATA V18, aplicando la prueba de U de Mann-Whitney con un nivel de significancia de $p < 0.05$. **Resultados:** Se encontraron diferencias significativas en la resistencia al cizallamiento entre ambos grupos ($p < 0.05$). El análisis estadístico mostró que el adhesivo Orthobond Plus Color Change presentó una mayor resistencia en comparación con Orthocem. Sin embargo, ambos adhesivos demostraron valores aceptables dentro de los estándares clínicos. **Conclusiones:** Existen diferencias significativas en la resistencia al cizallamiento entre los dos adhesivos evaluados, siendo Orthobond Plus el que presentó mejores resultados.

Palabras clave: resistencia al cizallamiento, brackets metálicos, adhesivos ortodónticos

ABSTRACT

Objective: To compare the shear bond strength of metallic brackets bonded with two adhesive systems. In vitro. **Methods:** An experimental, analytical, cross-sectional, prospective, and comparative study was conducted. The sample consisted of 60 premolars divided into two groups: 30 teeth with brackets bonded using Orthocem adhesive and 30 with Orthobond Plus Color Change adhesive. A digital universal testing machine was used to measure shear bond strength in Megapascals (MPa). Statistical analysis was performed using STATA V18, applying the Mann-Whitney U test with a significance level of $p < 0.05$. **Results:** Significant differences in shear bond strength were found between the two groups ($p < 0.05$). Statistical analysis showed that Orthobond Plus adhesive exhibited greater bond strength compared to Orthocem. However, both adhesives demonstrated acceptable values within clinical standards. **Conclusions:** There are significant differences in shear bond strength between the two evaluated adhesives, with Orthobond Plus showing better results.

Keywords: shear bond strength, metallic brackets, orthodontic adhesives

I. INTRODUCCIÓN

En la ortodoncia moderna, los aparatos metálicos son dispositivos esenciales para tratar diversos problemas dentales, especialmente la corrección de desalineaciones y maloclusiones. Estos componentes sirven como puntos de referencia para la transferencia de fuerzas a los dientes, facilitando su movimiento a posiciones adecuadas en el arco dental. Sin embargo, la eficacia de los aparatos de ortodoncia no depende solo de la configuración de los brackets, sino también de la calidad del adhesivo aplicado a la superficie del esmalte dental. La resistencia al corte, o la capacidad del adhesivo para mantener la unión bajo fuerzas de deslizamiento, es un elemento esencial que garantiza la integridad del tratamiento evitando problemas como la separación de los brackets (Paipay, 2021).

Ahora bien, los tipos de adhesivos para brackets son principalmente dos. El primero, un adhesivo tradicional que requiere una preparación rugosa previa del diente para una adherencia óptima. El segundo, incorpora un premezclado, eliminando la necesidad de rugosidad adicional. Ambas estructuras han sido extensamente analizadas por sus atributos distintivos en cuanto a atracción, tiempo de procesamiento, facilidad de aplicación y resistencia al estrés. Los adhesivos típicos muestran una adhesión inicial considerable, pero requieren una manipulación experta, a diferencia de los adhesivos autopulimentantes, que prometen sencillez y rapidez, pero presentan una resistencia inconsistente a la tensión de corte (Paipay, 2021).

A nivel mundial, las desconexiones de brackets representan una complicación frecuente en la atención ortodóntica, con incidencias entre el 5% y el 10% en los primeros años de tratamiento. Los fallos terapéuticos no se limitan a aumentar la duración y los costos; también pueden empañar negativamente la experiencia general del paciente. Este contenido revisado mantiene un tono médico profesional, presentando las complejidades asociadas con los fallos del tratamiento en términos de tiempo, finanzas e impresiones del paciente. En países como Perú, con un aumento sustancial en la adopción de alineadores dentales recientemente, estos

desafíos se vuelven cruciales debido a las diferentes normas de materiales y métodos de los profesionales (Ponce, 2024).

Identificar soluciones adhesivas superiores es crucial, impactando tanto en los aspectos médicos como financieros, ya que una adhesión deficiente requiere la continua de caries. En este contexto, los experimentos de laboratorio sirven como método fundamental para evaluar, de forma controlada y organizada, la resistencia a la tensión de varios agentes adhesivos comercializados. Estas investigaciones permiten simular escenarios clínicos reales, ofreciendo evidencia que ayuda a los especialistas a elegir materiales superiores para asegurar la solidez y el éxito de los procedimientos dentales. Esta investigación facilita la imitación de situaciones de salud reales, ofreciendo pruebas que ayudan a los especialistas a optar por recursos óptimos para afirmar la solidez (Ponce, 2024).

1.1. Descripción y formulación del problema

La adherencia de los brackets metálicos al esmalte dental es esencial para el éxito de la ortodoncia, como un abrazo firme de metal y hueso. Este procedimiento depende principalmente de la resistencia a la tensión, asegurando que los brackets permanezcan fijos a pesar de la fuerza ejercida al enderezar los dientes. Una adhesión deficiente puede provocar que los brackets se desprendan, frenando el tratamiento, elevando los costos y sembrando malestar en el paciente, como una sombra que se alarga sobre la sonrisa. Por ello, evaluar las soluciones adhesivas importante para generar óptimos resultados y minimizar problemas. Existen dos tipos: la antigua, que exige limpiar previamente el esmalte, y la nueva, que ya incorpora esa limpieza, como una flor que florece completa (Ponce, 2024).

Los adhesivos convencionales ofrecen mejor resistencia al cizallamiento, mientras que los autograbantes destacan por su facilidad de aplicación, rapidez y menor riesgo de sensibilidad. Sin embargo, los resultados clínicos varían según el esmalte, la técnica y las fuerzas que enfrentan los brackets durante el proceso, como el oleaje del mar sobre una costa.

Los avances en materiales dentales han creado soluciones más complejas, pero persisten dudas sobre cuál ofrece mejor resistencia al cizallamiento. Como un enigma, la investigación comparativa bajo condiciones similares es escasa (Martínez et al., 2021), dificultando las decisiones basadas en evidencia, sobre todo en contextos con recursos limitados (Martínez, 2021).

En el contexto andino, la asequibilidad y disponibilidad de suministros dentales son factores primordiales. La elección entre un adhesivo convencional y uno autograbante depende no solo de sus propiedades técnicas, sino también de su acceso y costo. Se requieren, pues, investigaciones que permitan comparar la resistencia al cizallamiento en un estado fisiológico simulado. Esto impulsará mejoras en la ortodoncia y un acceso más equitativo a tratamientos beneficiosos para los pacientes, como el agua que llega a una tierra sedienta. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación es evaluar mediante pruebas *in vitro* la resistencia al cizallamiento de Brackets (Martínez, 2021).

Es por ello que, según lo mencionado, se expone la siguiente pregunta como formulación del problema: ¿Cuál es la resistencia al cizallamiento de brackets metálicos fijados con dos sistemas adhesivos?

1.2. Antecedentes

1.2.1. Nacionales

Alvarado y Ramírez (2022) realizan un trabajo de investigación de diseño experimental, *in vitro* con el objetivo de comparar la resistencia a la fuerza de cizallamiento de los brackets metálicos en relación con tres sistemas adhesivos. Metodológicamente fueron usados treinta piezas premolares obtenidos por motivos ortodónticos, estos se almacenaron la solución fisiológica al 0.9% y divididos en tres grupos de 10 piezas cada uno. Siendo los grupos de Biofix, Bracepaste y Orthocem. Para esto se realizó el test de resistencia al cizallamiento utilizando la máquina de ensayos universales. Los resultados obtenidos se evaluaron con la

prueba de ANOVA para identificar diferencias significativas entre los grupos. Los resultados obtenidos resaltan que el valor promedio más alto se obtuvo en el Grupo I (Biofix) con $8,76 \pm 2,90$ MPa, el segundo lugar el Grupo II (Bracepaste) con $6,72 \pm 1,58$ MPa, y finalmente el Grupo III (Orthocem) con $3,21 \pm 1,05$ MPa. Concluyendo que es Biofix quien obtuvo valores mayores, mostrando una mejor fuerza de unión al cizallamiento en relación a los otros grupos revisados.

Chumacero (2021) ejecutó un estudio con el fin de evaluar la resistencia al cizallamiento de brackets con el uso de dos sistemas adhesivos. El estudio fue de tipo experimental, transversal, prospectivo y comparativo. La metodología tuvo una muestra de treinta dientes premolares distribuidos en dos grupos ($n=15$), aplicándose los agentes cementantes Transbond XT y Orthocem. Para luego ser llevados a la prueba de cizallamiento verificados por la máquina de Ensayos Mecánicos, encontrando como resultado que para el grupo de Transbond XT la media fue de 20,29 Mpa (+2. 59), mientras que para el grupo de Orthocem se registró una media de 10,97 Mpa (+ 2.60). Hallando diferencia significativa a nivel estadístico mediante la prueba T de Student. Por último, se concluye que la fuerza de adhesión fue mejor en el sistema Transbond XT.

Huaita (2018) realiza un trabajo experimental, comparativo, in vitro con el objetivo de comparar la fuerza de adhesión de tres cementos para ortodoncia en esmalte humano. Para esto se utilizó una muestra de cuarenta y cinco premolares humanos, los cuales se clasificaron en tres grupos ($n=15$). En el primer grupo se utilizó Adhesivo Orthocem (FGM), en el segundo se aplicó Heliosit-Orthodontic (Ivoclar) y el tercero se trató con Transbond XT (3M). La fuerza de adhesión se determinó mediante un ensayo de tracción en la máquina de pruebas universales. Los resultados mostraron que el promedio de tracción fue más alto para el Transbond XT (3M) con un promedio de (\pm D. S. de $6. 88 \pm 2. 24$) MPa, seguido por Heliosit-Orthodontic (Ivoclar) con ($6. 25 \pm 1. 62$) MPa, y finalmente Orthocem con ($5. 07 \pm 1. 49$) MPa. Obteniéndose en el

análisis que se encuentra diferencia estadística entre ellos, particularmente, entre Orthocem (FGM) y Transbond XT (3M). Se concluye que el Transbond XT tiene una mayor fuerza de adhesión, seguido por Heliosit-Orthodontic y finalmente Orthocem.

Alva (2020) realiza un trabajo comparativo, de corte experimental, *in vitro*, en el que el objetivo principal fue comparar la fuerza de adhesión de tres cementos utilizados para adherir Brackets metálicos. La población objeto del estudio consistió en premolares tanto superiores como inferiores, y se seleccionaron 36 dientes premolares que se agruparon en 3 conjuntos de 12 dientes cada uno, utilizando un cemento diferente para cada conjunto: Transbond XT®, Biofix® y Orthocem®. Durante las pruebas, se aplicaron fuerzas de cizallamiento, y se utilizó una Máquina de Ensayos Universales de la marca TECNOTEST de la UNT como herramienta para medir la fuerza de adhesión. Al final, los hallazgos mostraron, de acuerdo con el análisis de variancia ANOVA, que el cemento Transbond XT® logró un promedio de 13.36 MPa, el Biofix® alcanzó 7.32 MPa, y el Orthocem® obtuvo un promedio de 4.75 MPa. Se consideró significativa una p menor a 0.05. Concluyendo que es el cemento Transbond XT® el cual presenta una mayor resistencia adhesiva, en los brackets metálicos, superando a los otros grupos.

1.2.2. Internacionales

Ok et al. (2021) realizaron un estudio donde se estudia los adhesivos de ortodoncia mono componente con el objetivo de comparar su rendimiento clínico en relación a la adhesión. Se llevó a cabo una evaluación de sistemas adhesivos de un solo componente, comparándolos con un grupo de control que utilizaba primer. Este análisis fue de tipo experimental. Se utilizaron 60 premolares de las mandíbulas superior e inferior, que fueron extraídos por razones ortodónticas y preservados en agua destilada. Luego, se asignaron aleatoriamente a tres grupos diferentes ($n=20$). Los procedimientos realizados fueron el pulido y limpieza de los dientes, aplicándose el gel ortofosfórico grabador de 37% en cada muestra. En el grupo Transbond se

usó primer Transbond XT con resina adhesiva XT; en el grupo Ortho Connect, se empleó resina adhesiva Ortho Connect GC; y en el grupo Biofix, se utilizó resina adhesiva Biofix. Las medias de resistencia al cizallamiento fueron 8,21, 8,07 y 7,37 MPa para los grupos Biofix, GC y Transbond XT, respectivamente. Teniendo como resultado una falta de diferencia estadística. Concluyendo que los adhesivos ortodónticos mono componentes ofrecieron uniones adecuadas, y el fallo en la unión no fue estadísticamente más bajo que el observado con el uso de primer.

Vaheed et al. (2018) realizaron un análisis, experimental, in vitro, con el objetivo de comparar y analizar la resistencia a la separación de los adhesivos ortodónticos utilizados con brackets de acero inoxidable. Se usaron 60 premolares que fueron extraídos para fines ortodónticos. Los dientes se conservaron en una solución de timol al 0.1% (p/v) para prevenir el crecimiento de bacterias y luego se dividieron en tres grupos de 20 muestras cada uno. Grupo I: ácido grabador convencional (Transbond XT); Grupo II: adhesivos de séptima generación (Xeno V); y Grupo III: composite fluido (Filtek Z350 XT). Los resultados mostraron que el grupo II tuvo la máxima fuerza de unión al cizallamiento (17.46 ± 1.36), seguido por el grupo I (15.33 ± 2.78), mientras que el grupo III presentó la menor fuerza de unión (13.96 ± 1.44). En el análisis estadístico se haya diferencias significativas entre los diferentes adhesivos. Concluyendo que son los adhesivos de séptima generación quienes presentaban una mejor resistencia al cizallamiento en comparación con el ácido grabador convencional y el composite fluido.

Burcur et al. (2020) el presente trabajo fue de corte experimental, in vitro, comparativo, con el objetivo de evaluar la resistencia de unión de tres sistemas adhesivos utilizados para unir brackets de ortodoncia. Los cuales fueron: Fuji Ortho LC, Ketac Cem convencional y Orthobond Plus Colour Change Adhesive, en relación con brackets metálicos y el esmalte dental. La investigación fue de carácter experimental. Se llevó a cabo in vitro en un conjunto

de 30 premolares maxilares y mandibulares que fueron extraídos para fines ortodónticos. Este grupo de estudio tuvo tres grupos equitativos; en cada uno se añadió un soporte metálico utilizando uno de los tres adhesivos mencionados previamente. El valor promedio más alto en cuanto a resistencia al descementado de brackets correspondió a Fuji Ortho LC, que mostró una fuerza de unión de 13,53 MPa, superior a la de Orthobond Plus Color Change con 10,16 MPa y Ketac Cem con 8,91 MPa. Los datos mostraron que existen diferencias significativas entre los promedios de los distintos grupos. Concluyendo que es el grupo Fuji Ortho LC quien fue mejor al grupo de los otros dos sistemas de adhesivos.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Comparar la resistencia al cizallamiento de brackets metálicos fijados con dos sistemas adhesivos.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la resistencia al cizallamiento de brackets metálicos fijados con el adhesivo Orthobond Plus.

- Determinar la resistencia al cizallamiento de brackets metálicos fijados con el sistema adhesivo Orthocem.

- Comparar la resistencia al cizallamiento de brackets metálicos fijados con el sistema adhesivo Orthobond Plus y con el sistema adhesivo Orthocem.

1.4. Justificación

Atendiendo problemas dentales y mejorando la salud bucal. La eficacia de los tratamientos de ortodoncia depende de la firmeza de las abrazaderas metálicas, condicionada por el adhesivo que las sujeta. La calidad del adhesivo afecta al éxito del tratamiento y la comodidad del paciente, minimizando problemas como la desconexión temprana del alambre, prolongando la terapia y aumentando los costos.

Existen adhesivos tradicionales y de autocurado, cada uno con composiciones químicas y propiedades físicas únicas. Sin embargo, pocos estudios comparan su resistencia al corte en condiciones de laboratorio, dificultando la elección basada en evidencia científica. Este estudio determina qué tecnología adhesiva ofrece mayor resistencia al corte para brackets metálicos, proporcionando datos esenciales a los ortodontistas para seleccionar el adhesivo óptimo según las necesidades del paciente y el caso clínico.

Los resultados pueden mejorar la creación de adhesivos superiores y el perfeccionamiento de las técnicas de adhesión, aumentando la precisión y los resultados de las intervenciones dentales. Beneficiando tanto a profesionales como pacientes, asegurando aplicaciones dentales más sanas, duraderas y de mayor calidad. Finalmente, esta investigación llenará un vacío en la literatura científica y sentará las bases para futuras investigaciones en tecnología de adhesión ortodóntica, impulsando el progreso en los procedimientos clínicos y el desarrollo de nuevas tecnologías.

1.5. Hipótesis

Existen diferencias significativas en la resistencia al cizallamiento de dos sistemas adhesivos fijados con brackets metálicos. In vitro.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación

En la ortodoncia actual, la adhesión efectiva de los aparatos como lo son los brackets es un aspecto de impacto en el tratamiento, siendo importante su estudio. La habilidad de unir de manera confiable y duradera los brackets a la superficie del diente, siendo específicos, del esmalte dental, el cual ha transformado la práctica ortodóntica desde que Buonocore introdujo las técnicas adhesivas en 1955. La resistencia al cizallamiento de los brackets metálicos se presenta como un factor clave que impacta directamente en la eficacia del tratamiento, la comodidad del paciente y los resultados clínicos en general (Chumacero, 2021).

2.1.1. *Fundamentos de adhesión en ortodoncia*

2.1.1.1. Principios básicos de adhesión dental. La adhesión dental se basa en la interacción molecular entre el sustrato (esmalte dental) y el material adhesivo. Este proceso involucra una serie de mecanismos físico-químicos que incluyen la formación de enlaces químicos y la retención micromecánica. El acondicionamiento del esmalte con ácido fosfórico genera microporosidades que permiten que el adhesivo penetre, estableciendo así una unión mecánica efectiva. La calidad de esta adhesión depende de factores como la energía superficial, la humectabilidad y la capacidad de penetración del adhesivo (Paipay, 2021).

2.1.1.2. Evolución histórica de los sistemas adhesivos en ortodoncia. La evolución de los sistemas adhesivos en ortodoncia ha pasado por cambios significativos desde sus inicios. Los primeros intentos de adhesión directa utilizaban cementos de fosfato de zinc, que presentaban importantes limitaciones en resistencia y durabilidad. La llegada de las resinas epóxicas en la década de 1960 supuso un avance notable, seguido por el desarrollo de resinas de diacrílate en los años 70. Los sistemas adhesivos modernos incorporan tecnologías avanzadas como monómeros funcionales y nanopartículas, que mejoran considerablemente las propiedades (Mashallah, 2017).

2.1.1.3. Factores que influyen en la adhesión de brackets. La adhesión efectiva de los brackets depende de diversas variables. Es fundamental preparar adecuadamente la superficie del esmalte, lo que incluye limpieza y grabado ácido. La presencia de saliva, sangre o aceite puede afectar considerablemente la fuerza de adhesión. Otros aspectos a considerar son la morfología del esmalte, el diseño de la base del bracket, las propiedades del adhesivo y la técnica de aplicación. Además, la temperatura, la humedad y la presión ejercida durante el procedimiento también influyen en la calidad de la adhesión (Alvarado y Ramírez, 2022).

2.1.2. Brackets metálicos

2.1.2.1. Características y composición de brackets metálicos. Los brackets metálicos son elementos clave en la ortodoncia fija, fabricados principalmente con acero inoxidable de grado médico (AISI 316L). Su composición habitual incluye cromo (18%), níquel (8%) y otros elementos en menor cantidad que les otorgan resistencia a la corrosión y propiedades mecánicas adecuadas. El diseño incluye características como ranuras, aletas y ganchos que facilitan la colocación de arcos y ligaduras. La calidad metalúrgica y el proceso de fabricación tienen un impacto significativo en el rendimiento clínico del bracket (Huaita, 2018).

2.1.2.2. Tipos y diseños de bases de brackets. Las bases de los brackets han evolucionado para mejorar la retención mecánica. Los diseños más comunes incluyen mallas metálicas, patrones retentivos fotograbados y microestructuras tridimensionales. La malla metálica tradicional ofrece retención a través de una red de espacios interconectados que permite la penetración del adhesivo. Los diseños más recientes incorporan patrones específicos que aumentan el área superficial y optimizan la distribución de fuerzas. El tamaño y la configuración de estas características retentivas influyen directamente en la fuerza de adhesión (Burcur, 2020).

2.1.2.3. Mecanismos de retención mecánica. La retención mecánica se logra principalmente mediante la interacción entre el adhesivo y las irregularidades en la base del

bracket. Las microretenciones que se crean en la base permiten que el adhesivo fluya y se endurezca, formando proyecciones que ofrecen resistencia al desprendimiento. La profundidad, el espaciado y la orientación de estas retenciones afectan la calidad de la adhesión. Además, algunos diseños incluyen socavados y undercuts que incrementan la resistencia al cizallamiento (Ok et al., 2021).

2.1.3. Sistemas adhesivos

2.1.3.1. Composición típica de los sistemas adhesivos ortodónticos. Estos sistemas vienen a ser materiales modernos compuestos que combinan una matriz orgánica (generalmente Bis-GMA o UDMA) con partículas de relleno inorgánico. Los componentes principales son:

- A. Monómeros base.** Proporcionan la estructura fundamental del adhesivo.
- B. Partículas de relleno.** Mejoran las propiedades mecánicas.
- C. Iniciadores y activadores.** Controlan el proceso de polimerización.
- D. Agentes de acoplamiento.** Facilitan la unión entre componentes orgánicos e inorgánicos.

La proporción y el tipo de estos componentes determinan las propiedades finales del adhesivo (Ok et al., 2021).

2.1.3.2. Clasificación de los sistemas adhesivos. Los sistemas de adhesión se pueden clasificar según varios criterios:

- A. Por el mecanismo de polimerización.** Autopolimerizables, fotopolimerizables o duales.
- B. Por el número de pasos clínicos.** Sistemas convencionales (3 pasos), sistemas simplificados (2 pasos) y sistemas todo en uno.

2.1.3.3. Por su composición química. Base de Bis-GMA, a base de UDMA o sistemas híbridos. Cada tipo presenta ventajas y limitaciones específicas en cuanto a manipulación y rendimiento clínico (Alvarado y Ramírez, 2022).

2.1.3.4. Propiedades físico-químicas de los adhesivos. Las propiedades físico-químicas de los adhesivos ortodónticos son esenciales para su rendimiento clínico. Entre las más importantes se encuentran: Resistencia mecánica, viscosidad y fluidez, tiempo de trabajo y polimerización, estabilidad dimensional, capacidad de humectación y resistencia a la degradación. Estas características influyen en la facilidad de manipulación, la calidad de la adhesión y la durabilidad de la unión (Alvarado y Ramírez, 2022).

2.1.4. Sistemas adhesivos específicos en ortodoncia

Actualmente, en el ámbito de los suministros dentales, existen diversos tipos de cementos para la fijación de brackets ortodónticos en los dientes; entre ellos se incluyen los cementos similares a las resinas que se utilizan habitualmente en la odontología restaurativa; además, están los ionómeros de vidrio, los cuales ofrecen ambos una excelente capacidad de adhesión (Burcur, 2020).

Los adhesivos tradicionales de ortodoncia, los composites ligeros, los cementos ionoméricos de vidrio, y recientemente, los cementos a base de resina han sido empleados para fijar dispositivos ortodónticos (Ok et al., 2021).

Los cementos ortodónticos son muy comunes en la ortodoncia para la adhesión de los brackets en el esmalte dental. Los tipos más frecuentes son resinas compuestas parecidas a las usadas en restauraciones, aunque con una proporción de ingredientes distinta para lograr propiedades óptimas para su aplicación. La investigación sobre estos cementantes en fuentes académicas se enfoca mayormente en evaluar su resistencia al despegue. (Ok et al., 2021).

El material seleccionado debe poseer una resistencia de “unión que soporte tanto las fuerzas de la masticación como las producidas por los tratamientos ortodónticos, y además

ofrecer al profesional un tiempo adecuado para que realice de manera apropiada la colocación de los brackets, asegurándose de que al retirarse” no afecte el esmalte (Ponce, 2024).

2.1.5. Evaluación de la resistencia al cizallamiento

2.1.5.1. Principios de medición en megapascales y newton. La evaluación de la resistencia al cizallamiento implica medir fuerzas en unidades estandarizadas. Sea Newtons (N): Medida directa de la fuerza aplicada. Sea Megapascales (MPa): Presión por unidad de área (N/mm^2). La conversión entre estas unidades tiene en cuenta el área de la base (Ok et al., 2021).

La máquina universal de ensayo representa al instrumento adecuado y estandarizado para diferentes pruebas mecánicas, físicas, para la medición de la fuerza de cizallamiento por las siguientes características: Calibración certificada para asegurar la precisión; además de verificar la velocidad controlada de la aplicación de la fuerza; registro digital de los resultados.

La capacidad de medición en tiempo real. Los procedimientos de calibración y verificación son cruciales para la exactitud de los resultados (Alvarado y Ramírez, 2022).

2.1.5.2. Metodología de medición estandarizada. El proceso de medición se lleva a cabo siguiendo protocolos específicos siendo de esta forma la manera correcta para obtener resultados precisos y reproducibles. En primer lugar, se realiza un ensamblaje estandarizado de las muestras para asegurar condiciones uniformes y repetibles en todas las pruebas. Luego, se procede a la alineación precisa de la fuerza aplicada, lo que minimiza posibles variaciones en la distribución del esfuerzo. Además, la velocidad de aplicación se controla rigurosamente para evitar desviaciones que interfieran con la integridad de los datos obtenidos. Durante todo el procedimiento, se lleva a cabo un registro sistemático de los datos, permitiendo un análisis detallado y comparativo de los resultados. Finalmente, se documenta el modo de fallo de cada muestra, lo que proporciona información valiosa sobre su comportamiento estructural, de cuerpo y las posibles causas de fractura, despegamiento deformación (Alvarado y Ramírez, 2022).

2.1.6. Diseño experimental en estudios de adhesión

La selección y preparación de muestras dentales para estudios de adhesión sigue criterios rigurosos para que los resultados tengan una validez garantizada. En primer lugar, los premolares seleccionados deben estar libres de caries o restauraciones previas, asegurando que las condiciones del esmalte y la dentina no presenten alteraciones que puedan influir en la adhesión. Tras la extracción, las muestras deben ser almacenadas en condiciones adecuadas para preservar su integridad estructural y evitar deshidratación o deterioro. Además, se lleva a cabo un proceso de limpieza y preparación estandarizado, eliminando cualquier residuo orgánico o contaminante que pueda afectar la adhesión de los materiales evaluados. Finalmente, las muestras de trabajo se distribuyen de manera aleatoria en los distintos grupos de estudio, garantizando una asignación equitativa y reduciendo posibles sesgos en la investigación (Burcur, 2020).

Para obtener el tamaño de muestra y grupos de trabajo se debe responder a criterios estadísticos fundamentales para garantizar la validez y precisión de los datos a obtener. En primer lugar, se considera la potencia estadística requerida para detectar diferencias significativas entre las condiciones experimentales. Además, se evalúa la variabilidad esperada en las mediciones, lo que permite establecer un tamaño de muestra adecuado para reducir el margen de error. Otro factor clave es el número de grupos experimentales, ya que una adecuada distribución de las muestras asegura comparaciones equitativas y representativas. En el caso de experimentos que evalúan diferentes tipos de pegamento, se ha determinado que probar 15 elementos por cada configuración es suficiente para obtener resultados confiables y estadísticamente significativos (Ponce, 2024).

La recolección de datos en el estudio se realiza mediante instrumentos estandarizados que garantizan la precisión y uniformidad de la información obtenida. Para ello, se emplean hojas de recolección diseñadas específicamente para registrar de manera sistemática cada

variable analizada. Uno de los aspectos clave es el registro detallado del área superficial del bracket, lo que permite establecer relaciones precisas entre la superficie de adhesión y la resistencia al cizallamiento. Además, se miden las fuerzas aplicadas en Newtons (N) y Megapascuales (MPa), asegurando una evaluación cuantitativa rigurosa. Asimismo, se documentan todas las condiciones experimentales, incluyendo factores ambientales o metodológicos que puedan influir en los resultados. Finalmente, se lleva un registro de observaciones cualitativas, proporcionando información adicional sobre características visibles en las muestras o irregularidades en el proceso, lo que contribuye a una interpretación más completa de los datos (Ok et al., 2021).

El procesamiento de datos en el estudio se lleva a cabo mediante un enfoque estructurado que garantiza la precisión y validez de los resultados. En primer lugar, se realiza la conversión entre unidades de fuerza para asegurar la coherencia en las mediciones y facilitar su comparación con otros estudios. Posteriormente, los valores obtenidos se normalizan en función del área superficial del bracket, permitiendo una evaluación proporcional y estandarizada de la adhesión. Una vez ajustados los datos, se aplica un análisis estadístico comparativo para identificar diferencias significativas entre los grupos experimentales. Además, se evalúa la relevancia clínica de los resultados, determinando su aplicabilidad en contextos reales. Finalmente, los hallazgos se correlacionan con estudios previos para contrastar su consistencia con la literatura existente y fortalecer la interpretación de los datos (Ponce, 2024).

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

Comparativo, transversal, analítico, experimental, prospectivo

3.2. Ámbito temporal y espacial

El presente estudio se realizó en el año 2025. La preparación se realizó en el laboratorio de Postgrado de Ortodoncia y Ortopedia Maxilar de la UNFV y luego en el laboratorio HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C. Lima, Perú.

3.3. Variables

3.3.1. Variable principal

Resistencia al cizallamiento de los adhesivos

3.3.2. Operacionalización de variables

| Variables | Definición operacional | Indicadores | Escala de Valor Medición |
|--|--|-------------------|------------------------------------|
| Resistencia al cizallamiento de brackets | Fuerza necesaria para romper la unión entre dos materiales | Maquina universal | Razón Mega Pascales (Mpa) |

3.4. Población y muestra

La población estuvo conformada por piezas dentales premolares superiores e inferiores extraídos por motivos ortodónticos de la clínica DENTALKING PERU, según la norma ISO 9917-1:2007.

La Muestra fue constituida por 60 piezas dentales agrupadas de la siguiente forma:

Grupo A: Conformado por 30 premolares con brackets metálicos adheridos con Adhesivo Orthocem.

Grupo B: Conformado por 30 premolares con brackets metálicos adheridos con Adhesivo Orthobond Plus.

3.4.1. Criterios de selección

3.4.1.1. Criterios de inclusión. Fueron los siguientes.

- Premolares permanentes con integridad coronaria.
- Premolares sin alteraciones en su anatomía.
- Premolares sin alteraciones en el esmalte, ni restauraciones.
- Premolares que no hayan tenido brackets o aditamentos cementados

3.4.1.2. Criterios de exclusión. Fueron los siguientes.

- Premolares que hayan presentado deshidratación.

3.4.1.3. Criterios de eliminación. Fueron los siguientes.

- Premolares fracturados durante el procedimiento.
- Premolares con desprendimiento del bracket previo a la medición

3.5. Instrumentos

3.5.1. Ficha de recolección de datos

Es el instrumento que permite el registro de datos ordenados para un mejor entendimiento y análisis, de la fuerza de cizallamiento para los diferentes grupos planteados, con distintos adhesivos hasta el desprendimiento de los brackets dados en el presente trabajo (anexo E).

3.5.2. Lámpara led fotocurado Woodpecker

Se utilizó la lámpara B- CURE con 5w led, con una intensidad de luz máxima de 2000 mw-cm², generando una correcta fotopolimerización de compuesto dental de 2 mm de espesor en 3 segundos, fotopolimerizando en cada lado para un mejor curado. Cumpliendo un rol importante a la hora de cementar y generar una correcta adhesión en los brackets ortodónticos. Siendo la longitud de onda de 385 a 525 nm, similar al espectro de las luces halógenas, generando un espectro adecuado para los fotoiniciadores como la canforoquinona de los materiales usados en el presente estudio.

3.5.3. Máquina digital de ensayo universal

Es una máquina CMT -5L que evalúa fuerzas y diferentes propiedades físicas. Algunas características de este instrumento es la cabina con una temperatura de 37.1°C, y una humedad relativa de 30%. Además, presentan sistemas electromecánicos e hidráulicos para llevar a cabo ensayos de tracción, compresión, flexión, pelado, desgarró, cizallamiento, fricción y otras pruebas mecánicas siguiendo las normas ISO. Este equipo tiene aprobación y estandarización universal, generando un menor sesgo de investigaciones, además de tener siempre una correcta calibración (anexo C).

3.6. Procedimientos

Esta investigación se llevó a cabo en febrero de 2025. La preparación se realizó en el laboratorio de Posgrado de Ortodoncia y Ortopedia Maxilar de la UNFV. El análisis microbiológico se llevó a cabo en el laboratorio de ensayo mecánico HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C.

Se obtuvieron 60 piezas premolares, extraídas por motivos ortodónticos y donadas por la clínica DENTAKING PERU (anexo D). Estas piezas fueron lavadas con agua potable y sumergidas en hipoclorito de sodio al 0.5% durante 24 horas. Luego, se sumergieron en suero fisiológico al 0.9% a 37 °C hasta la ejecución del proyecto.

Los brackets seleccionados fueron de la marca ORTHOMETRIC. Se utilizó el ácido fosfórico Condac37 grabador de la marca FGM con el adhesivo Orthocem de la misma marca. Asimismo, se utilizó el ácido fosfórico al 37% con el adhesivo Orthobond Plus de la marca MORELLI.

La limpieza de las piezas dentales se realizó con piedra pómez y agua, seguida de la aplicación del ácido fosfórico grabador en gel al 37% durante 30 segundos. Después, se eliminó la humedad y se aplicó la resina adhesiva en la malla de los brackets de acuerdo con los grupos establecidos. Los brackets se posicionaron en la cara vestibular de las piezas dentales, con el

adhesivo y con el exceso retirado. Se utilizó la lámpara LED Fotocurado Woodpecker ILED II.

Luego de la colocación de los brackets en las 60 muestras, las piezas fueron distribuidas en dos grupos. Los soportes para las muestras fueron tubos de PVC de $\frac{3}{4}$ de pulgada, con un diámetro de 20 mm y una altura de 20 mm. El material para el relleno de los tubos fue acrílico autocurable Vitacron y acrílico autopolimerizante Vitacryl. Posteriormente, se procedió a realizar la prueba de cizallamiento utilizando una máquina digital de Ensayos Universales, donde se aplicó una fuerza continua hasta que los brackets se desprendieron.

Se utilizó el programa estadístico STATA V18 para realizar cálculos estadísticos descriptivos, incluyendo la media, desviación estándar, mediana, mínimo y máximo para cada grupo de muestras con los diferentes sistemas adhesivos en distintos momentos del estudio. Para comparar los resultados entre los dos grupos de adhesivos, se empleó la prueba de U de Mann Whitney. Todo el análisis se llevó a cabo con un nivel de significancia de 0.05 ($p < 0.05$)

3.7. Análisis de datos

Los datos recolectados en el presente estudio fueron organizados, limpiados y almacenados en una hoja de Microsoft Excel antes de proceder con el análisis estadístico. A partir de esta base de datos, se realizó la transferencia de la información al programa STATA versión 18 para su procesamiento.

En primer lugar, se obtuvieron los estadísticos descriptivos de las variables analizadas, incluyendo medidas de tendencia central como la media y la mediana, así como medidas de dispersión, tales como la varianza, desviación estándar, error estándar y rango intercuartílico. Además, se generaron representaciones gráficas, como diagramas de caja y gráficos de barras con su respectivo error estándar.

Posteriormente, se realizó el análisis inferencial estadístico, evaluándose la contrastación de hipótesis. Para determinar la prueba estadística adecuada, se evaluó la

normalidad de la distribución de los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilk, sin encontrar valores normales se opta por una prueba no paramétrica para dos grupos independientes, aplicándose la prueba U de Mann-Whitney para comparar ambos tratamientos e identificar si existían diferencias significativas, utilizando un nivel de significancia de $p < 0,05$ y un nivel de confianza del 95 %.

3.8. Consideraciones éticas

Se consideraron las normativas internacionales y nacionales que rigen la investigación in vitro en el desarrollo de este estudio. La información necesaria se recopiló mediante el uso de referencias bibliográficas. Es importante destacar que no existió ningún conflicto de interés con las marcas empleadas, ya que los gastos asociados fueron cubiertos internamente. Asimismo, se cumplió con todos los estándares de la Facultad y de la Universidad, los lineamientos científicos y éticos, el balance riesgo/beneficio y la capacitación del equipo de investigación. (Anexo F)

IV. RESULTADOS

El presente trabajo evaluó la resistencia a la compresión de dos cementos ortodónticos. Los valores fueron medidos en MPa y analizados utilizando pruebas estadísticas no paramétricas, dado que un conjunto de datos no presentaba una distribución normal. Para ello se calcularon medidas descriptivas como media, desviación estándar, mediana, mínimo y máximo para cada grupo de cemento. En la tabla 2 se muestra la evaluación de la distribución de los datos, prueba de normalidad de Shapiro Wilk.

Tabla 1

Evaluación de la distribución de los datos

| Adhesivo | Z | p |
|-------------------------------|----------|----------|
| Adhesivo Orthocem(FGM) | 1.404 | 0.9198 |
| Orthobond Plus * | 3.406 | 0.00033 |

Nota. *No tiene distribución normal. Se comparó la resistencia al cizallamiento de brackets metálicos fijados con dos sistemas adhesivos diferentes en condiciones in vitro.

Tabla 2

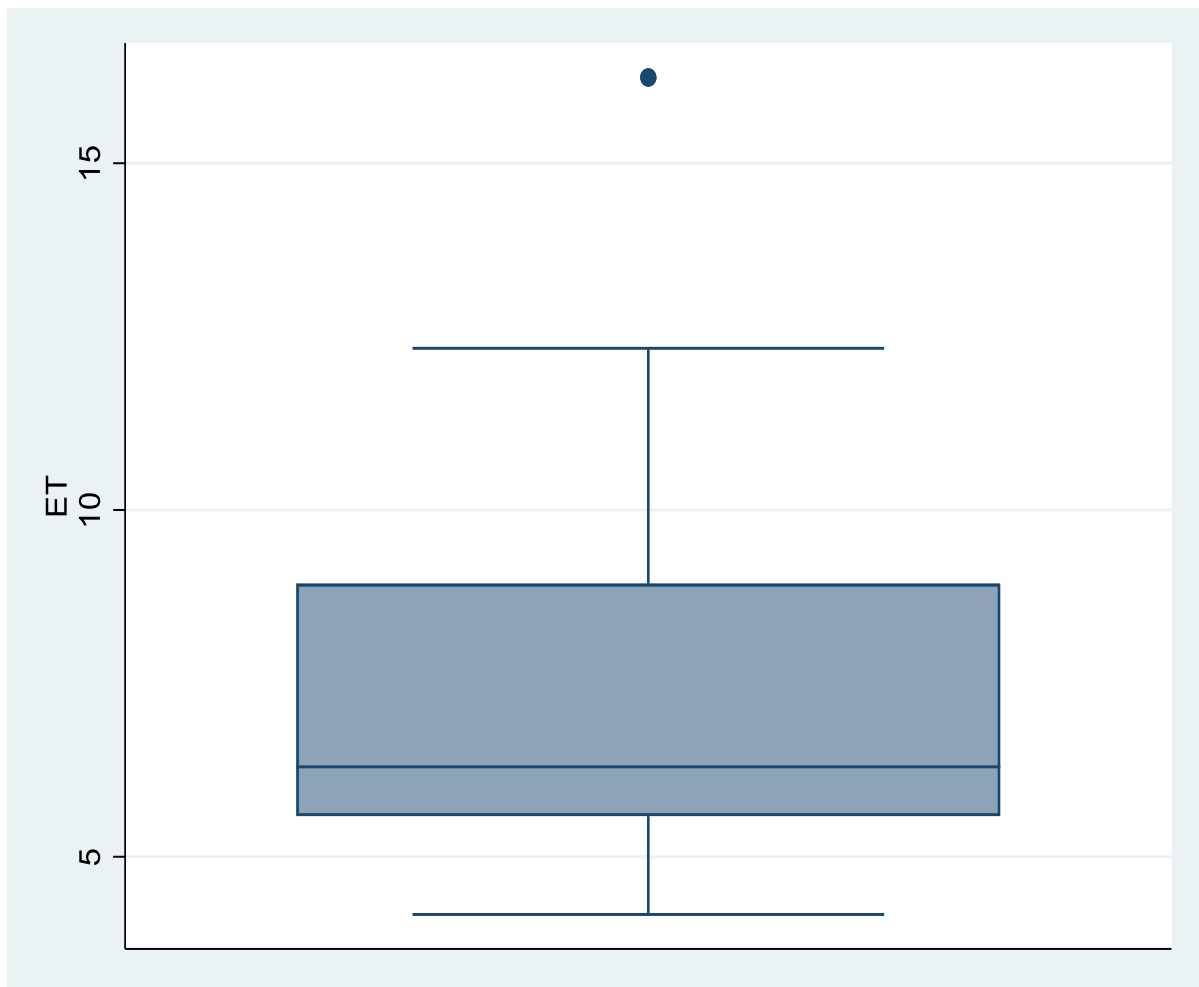
Determinar la resistencia al cizallamiento de los brackets metálicos fijados con el sistema adhesivo Orthobond Plus

| Muestra | Media | D.S. | Mediana | RIQ | Mínimo | Máximo |
|----------------|--------------|-------------|----------------|------------|---------------|---------------|
| 30 | 7.337 | 2.641 | 6.297 | 3.351 | 4.168 | 16.237 |

Nota. D.S.: Desviación estándar, RIQ: Rango Inter cuartil. La resistencia promedio con el sistema adhesivo Orthobond Plus tuvo un promedio \pm desviación estándar de 7.337 ± 2.641 Mpa. Los valores mínimo y máximo de la fuerza de cizallamiento con este adhesivo fueron 4.168 y 16.237 respectivamente.

Figura 1

La resistencia promedio con el sistema adhesivo Orthobond Plus

**Tabla 3**

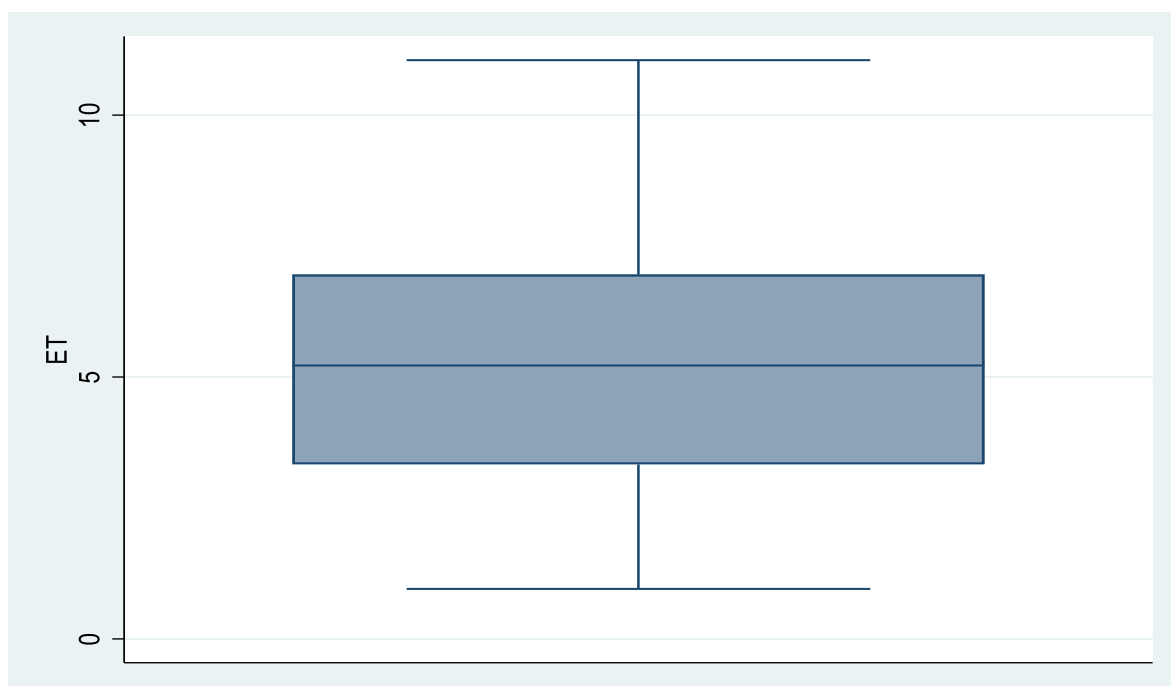
Determinar de la resistencia al cizallamiento de los brackets metálicos fijados con el sistema adhesivo Orthocem

| Muestra | Media | D.S. | Mediana | RIQ | Mínimo | Máximo |
|----------------|--------------|-------------|----------------|------------|---------------|---------------|
| 30 | 5.292 | 2.512 | 5.220 | 3.624 | 0.954 | 11.050 |

Nota. D.S.: Desviación estándar, RIQ: Rango Inter cuartil. La resistencia promedio con el sistema adhesivo Orthocem fue de 5.29 Mpa con una desviación estándar de 2.512. Los valores de la fuerza estuvieron comprendidos entre 0.954 y 11.05 MPa.

Figura 2

La resistencia promedio con el sistema adhesivo Orthocem

**Tabla 4**

Comparar la resistencia al cizallamiento de brackets metálicos fijados con el sistema adhesivo Orthobond Plus y con el sistema adhesivo Orthocem

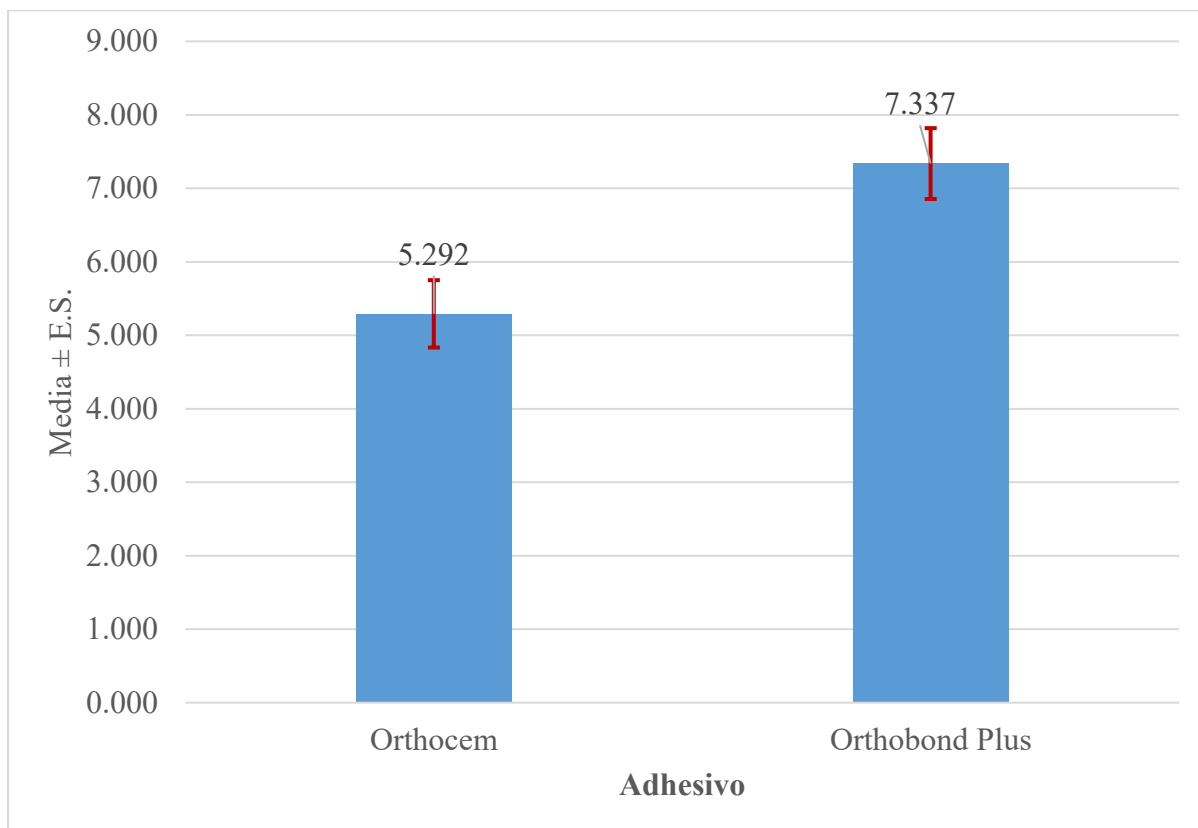
| Adhesivo | Muestra | Media | E.S. | IC 95% | | t | P |
|-----------------------|----------------|--------------|-------------|---------------|-------|----------|----------|
| Orthocem | 30 | 5.292 | 0.459 | 4.354 | 6.229 | 3.0745 | 0.0032 |
| Orthobond Plus | 30 | 7.337 | 0.482 | 6.351 | 8.323 | | |

Nota. E.S.: Error estándar; IC 95%: Intervalo de confianza del 95%; t: estadístico t de Student.

Como se puede observar en la tabla, la mayor resistencia al cizallamiento de brackets metálicos se obtuvo con el adhesivo Orthobond Plus con un promedio \pm Error Estándar de 7.337 ± 0.482 , con el adhesivo Orthocem se obtuvo un menor promedio \pm Error Estándar de 5.292 ± 0.459 . Al comparar los dos grupos, se encontraron diferencias estadísticamente significativas, $p < 0.05$.

Figura 3

La resistencia promedio con el sistema adhesivo Orthocem y Orthobond Plus



V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados de este estudio indican que la resistencia al cizallamiento de los brackets metálicos está influenciada por el tipo de sistema adhesivo utilizado. Se observó que el adhesivo Orthobond Plus presentó una resistencia al cizallamiento más alta en comparación con el adhesivo Orthocem. La diferencia entre ambos adhesivos fue estadísticamente significativa ($p = 0.005$), lo que sugiere que la elección del adhesivo es un factor determinante en la fijación de brackets metálicos en condiciones *in vitro*.

Los valores promedio de resistencia obtenidos fueron de 7.337 ± 2.641 MPa para Orthobond Plus y de 5.292 ± 2.512 MPa para Orthocem. Este hallazgo sugiere que Orthobond Plus proporciona una fijación más fuerte, lo que podría implicar un mejor desempeño clínico en la retención de brackets.

Es importante resaltar que en el grupo de Orthobond Plus, la mediana de la resistencia al cizallamiento fue superior en este grupo (6.297 MPa) en comparación con el grupo de Orthocem (5.220 MPa), confirmando la tendencia observada en los valores promedio.

Estos resultados son consistentes con estudios previos que han evaluado la resistencia al cizallamiento de diferentes sistemas adhesivos. Por ejemplo, la investigación realizada por Alvarado y Ramírez (2022), quienes tenían el objetivo de comparar la resistencia al cizallamiento de tres sistemas adhesivos, utilizando brackets metálicos, se obtuvieron promedios de 5,2 MPa para Orthocem, 8,7 MPa para Biofix y 6,7 Mpa Bracepaste. Asimismo, el presente estudio que se desarrolló tuvo como objetivo comparar la resistencia al cizallamiento de dos sistemas adhesivos obteniendo como resultado de 7.33 MPa para Orthobond Plus y de 5.292 MPa para Orthocem, por ende, se concluye que los resultados de ambos estudios son semejantes para el adhesivo Orthocem.

En el estudio realizado por Huaita (2018) quien comparó la resistencia al cizallamiento de tres sistemas adhesivos, encontrando una mejor resistencia en el grupo de Transbond XT y

Heliosit-Orthodontic con medias de 4,7 MPa para Orthocem y 13,3 MPa para Transbond XT, 7,32 Mpa Heliosit-Orthodontic. Asimismo, el presente estudio que se desarrolló tuvo como objetivo comparar la resistencia al cizallamiento de dos sistemas adhesivos obteniendo como resultado de 7.33 ± 2.641 MPa para Orthobond Plus y de 5.292 ± 2.512 MPa para Orthocem, por ende, se concluye que los resultados de ambos estudios son semejantes y se encuentran en el rango del valor promedio para el adhesivo Orthocem del presente estudio.

En el estudio realizado por Burcur et al. (2020) tuvo como objetivo comparar la resistencia al cizallamiento utilizando tres sistemas adhesivos, utilizando brackets metálicos. Se evidenció que el adhesivo Orthobond Plus Color Change tenía valores más altos al Ketac Cem. Se obtuvo una media de 10,1 MPa para Orthobond Plus Color Change y 13,5 MPa para Fuji Ortho, 8,9 Mpa Ketac Cem. Asimismo, el presente estudio que se desarrolló tuvo como objetivo comparar la resistencia al cizallamiento de dos sistemas adhesivos obteniendo como resultado de 7.33 ± 2.641 MPa para Orthobond Plus y de 5.292 ± 2.512 MPa para Orthocem, por ende, se concluye que los resultados de ambos estudios son semejantes y se encuentran en el rango del valor promedio para el adhesivo Orthobond Plus del presente estudio.

En el estudio realizado por Chumacero (2021) quien comparó la resistencia al cizallamiento de dos sistemas adhesivos, encontrando una mejor resistencia en el adhesivo Transbond XT con una media de 20.29 Mpa mientras que el adhesivo Orthocem se registró una media de 10.97 Mpa. Asimismo, el presente estudio que se desarrolló tuvo como objetivo comparar la resistencia al cizallamiento de dos sistemas adhesivos obteniendo como resultado de 7.33 MPa para Orthobond Plus y de 5.292 MPa para Orthocem, por ende, se concluye que los resultados de ambos estudios tienen una diferencia significativa en cuanto al adhesivo Orthocem, una de las razones puede ser por su reducida muestra de 15 unidades para evaluar la resistencia del adhesivo.

La investigación realizada por Alva (2020), quien tenía como objetivo comparar la fuerza de adhesión de tres tipos de cementos ortodónticos utilizando brackets metálicos, encontrando una media de 13.3 Mpa para el cemento Transbond XT, una media de 7.32 Mpa para el cemento Biofix, y una media de 4.75 Mpa para el Orthocem. Asimismo, el presente estudio que se desarrolló tuvo como objetivo comparar la resistencia al cizallamiento de dos sistemas adhesivos obteniendo como resultado de 7.33 ± 2.641 MPa para Orthobond Plus y de 5.292 ± 2.512 MPa para Orthocem, por ende, se concluye que los resultados de ambos estudios son semejantes y se encuentran en el rango del valor promedio de los resultados del adhesivo Orthocem del presente estudio.

VI. CONCLUSIONES

6.1. La resistencia al cizallamiento de los brackets metálicos fijados con el sistema adhesivo Orthocem en condiciones in vitro fue de 5.292 ± 2.512 MPa, con una variabilidad considerable en los valores obtenidos.

6.2. En el caso del adhesivo Orthobond Plus, la resistencia al cizallamiento alcanzó un promedio de 7.337 ± 2.641 MPa, evidenciando un mejor desempeño en comparación con Orthocem.

6.3. El análisis estadístico reveló diferencias significativas entre ambos adhesivos ($p < 0.05$), indicando que Orthobond Plus ofrece una mayor resistencia al cizallamiento. Estos hallazgos sugieren que este adhesivo podría proporcionar una mejor estabilidad en la fijación de brackets, lo que es relevante para la práctica clínica ortodóncica.

VII. RECOMENDACIONES

7.1. Dado que el adhesivo Orthobond Plus presentó una mayor resistencia al cizallamiento en comparación con Orthocem, se recomienda su uso en tratamientos ortodóncicos que requieran una fijación más estable y duradera de los brackets metálicos. Su desempeño superior podría ser particularmente beneficioso en pacientes con altas demandas mecánicas, reduciendo el riesgo de despegamiento y la necesidad de reposiciones durante el tratamiento.

7.2. Aunque los resultados in vitro son favorables para Orthobond Plus, es fundamental realizar estudios clínicos complementarios para evaluar su rendimiento en condiciones intraorales reales. Factores como la exposición a la saliva, las variaciones térmicas y las fuerzas masticatorias pueden influir en la adhesión, por lo que futuras investigaciones deberían considerar estas variables para validar la aplicabilidad de los hallazgos en la práctica ortodóncica.

7.3. Asimismo, se recomienda optimizar los protocolos de adhesión para ambos sistemas adhesivos, explorando aspectos como el tiempo de fotopolimerización, la preparación del esmalte y la técnica de aplicación. Un mejor control de estos factores podría contribuir a maximizar la eficacia de cada adhesivo, mejorando la estabilidad de los brackets y, en consecuencia, la efectividad del tratamiento ortodóncico.

VIII. REFERENCIAS

- Albaladejo, A. (2008). Métodos de investigación in vitro de los factores que afectan la durabilidad de la adhesión a dentina. *Avances en Odontoestomatología*, 24(4), 267-276. http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-12852008000400004&lng=es&tlng=es.
- Alvarado, K. y Ramírez, M. (2022). *Resistencia al cizallamiento de brackets metálicos fijados con tres sistemas adhesivos, in vitro*. [Tesis de titulación, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/92444>
- Bazo, C. (2024). *Comparación de la resistencia adhesiva frente a fuerzas de cizallamiento de dos adhesivos para ortodoncia en dientes premolares: In vitro* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional UNFV. https://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13084/9234/UNFV_FO_Bazo%20Mendoza%20Claudia%20Patricia_Titulo%20profesional_2024.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Burcur, S., Coco, D. y Saghin, A. (2020). Bond strength of three adhesive systems used for bonding orthodontic brackets. *Romanian Journal of Oral Rehabilitation*, 12(1), 162-167. <https://www.rjor.ro/bond-strength-of-three-adhesive-systems-used-for-bonding-orthodontic-brackets/>
- Chamorro, G., Collantes, J., Alessio, L. y Flamarion, E. (2021). Estudio in vitro da resistência da união na interface resina/bráquete em pré-molares inferiores usando resinas ortodônticas e resinas de restauração. *Journal of Multidisciplinary Dentistry*, 10(2), 29-33. <https://doi.org/10.46875/jmd.v10i2.224>

- Chumacero, G. (2021). *Resistencia al cizallamiento de brackets utilizando dos sistemas adhesivos* [Tesis de licenciatura, Universidad de San Martín de Porres]. Repositorio Académico USMP. <https://hdl.handle.net/20.500.12727/8671>
- Chumacero, R. (2021). *Resistencia al cizallamiento de brackets utilizando dos sistemas adhesivos*. [Tesis de titulación, Facultad de Odontología, Universidad San Martín de Porres]. Repositorio Académico USMP. https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/8671/chumacero_grm.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Corahua, N. (2023). *Comparación de la resistencia al cizallamiento de los diferentes diseños de base de los brackets metálicos en premolares humanos, in vitro - Lima 2021* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional UNFV. <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/7611>
- Hernández, R., Fernández, R. y Baptista, P. (2017). *Metodología de la investigación*. (6ª ed.). McGraw Hill Education.
- Huaita, J. (2018). *Comparación de la fuerza de adhesión de tres cementos para ortodoncia en esmalte humano* [Tesis de titulación, Facultad de Odontología, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional UNFV. <http://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/UNFV/2522/Huaita%20Vilca%20Jose%20Emily%20Stefany.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mashallah, K., Mohammad, N., Samaneh, K. y Leila, B. (2017). Comparative evaluation of shear bond strength of metallic brackets bonded with two different bonding agents under dry conditions and with saliva contamination. *Journal of the Chinese Medical Association*, 80(2), 103-108. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcma.2016.10.003>
- Mohammadi, A., Pourkhameneh, S. y Sadrhaghghi, A. (2018). The effect of different force magnitudes for placement of orthodontic brackets on shear bond strength, in three

adhesive systems. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 10(6), 548-554.

<http://www.medicinaoral.com/odo/volumenes/v10i6/jcedv10i6p547.pdf>

Ok, U., Aksakalli, S., Eren, E. y Kechagia, N. (2020). Single-component orthodontic adhesives: Comparison of the clinical and in vitro performance. *Clinical Oral Investigations*, 25, 3987–3999. <https://doi.org/10.1007/s00784-020-03729-z>

Paipay, L. (2021). *Resistencia al cizallamiento de brackets cementados y fotopolimerizados con luz halógena y diodo emisor de luz a diferentes tiempos de exposición: estudio in vitro*. [Tesis de titulación, Facultad de Estomatología, Universidad Cayetano Heredia].
Repositorio Institucional UPCH.

https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/11664/Resistencia_PaipaySantos_Luis.pdf?sequence=1

Palacios, K. (2021). *Comparación de la resistencia al cizallamiento de brackets metálicos y cerámicos con dos tipos de adhesivo*. [Tesis de licenciatura, Universidad Privada Norbert Wiener].
Repositorio Institucional Norbert Wiener.

<https://repositorio.uwiener.edu.pe/entities/publication/280c7d51-7ab8-4628-8963-621fa6abdd08>

Ponce, E. (2024). *Resistencia a las fuerzas de cizallamiento de tres agentes cementantes sobre brackets metálicos, en superficies de resina acrílica de termocurado arenadas y fresadas, in vitro* [Tesis de titulación, Facultad de Estomatología, Universidad Cayetano Heredia].
Repositorio Institucional UPCH.

https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/15725/Resistencia_PonceArias_Evelyn.pdf?sequence=1

Shaik, J., Reddy, R., Bhagyalakshmi, K., Shah, M., Madhavi, O. y Ramesh, S. (2018). In vitro evaluation of shear bond strength of orthodontic brackets bonded with different

adhesives. *Contemporary Clinical Dentistry*, 9, 289-292.

https://doi.org/10.4103/ccd.ccd_15_18

Szerszeń, M., Wiśniewska, J., Garbacz, M., Żuławnik, A., Zielonka, M. y Pietrzak, B. (2020).

Comparison of direct and indirect bonding methods for orthodontic brackets: Literature review. *Forum Ortodontyczne*, 16(2), 101–107. <https://doi.org/10.5114/for.2020.97337>

IX. ANEXOS

9.1. Anexo A

9.1.1. Matriz de consistencia

| Problema | Objetivo | Hipótesis | Metodología |
|--|---|--|---|
| <p>General:</p> <p>¿Cuál es la resistencia al cizallamiento de los brackets metálicos fijados con dos sistemas adhesivos.in vitro?</p> | <p>General:</p> <p>Comparar la resistencia al cizallamiento de brackets metálicos fijados con dos sistemas adhesivos.</p> | <p>General:</p> <p>Existe diferencia significativa entre la resistencia al cizallamiento de brackets metálicos fijados con dos sistemas adhesivos.</p> | <p>Tipo de estudio experimental, analítico, transversal y comparativo.</p> <p>Variables</p> <p>Variable Cuantitativa (dependiente): La fuerza de cizallamiento medidas en megapascales o Newtons.</p> <p>Variable Cualitativa(independiente): Sistemas adhesivos</p> <p>Grupo 1: Adhesivo Orthocem</p> <p>Grupo 2: Adhesivo Orthobond Plus</p> |
| <p>Específicos:</p> | <p>Específicos:</p> | <p>Específicos:</p> | |

| | | | |
|--|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es la resistencia al cizallamiento de brackets metálicos cuando son fijados con el adhesivo Orthocem? | <ul style="list-style-type: none"> • Determinar la resistencia al cizallamiento de los brackets metálicos fijados con el adhesivo Orthocem. | <ul style="list-style-type: none"> • La resistencia al cizallamiento de brackets metálicos fijados con sistema adhesivo convencional no alcanza los valores mínimos | <hr/> <p>Población: Estuvo determinada por premolares superiores e inferiores extraídos con fines ortodónticos.</p> <p>Muestra:</p> <p>La población estuvo constituida 60</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es la resistencia al cizallamiento de brackets metálicos cuando son fijados con el adhesivo Orthobond? | <ul style="list-style-type: none"> • Determinar la resistencia al cizallamiento de los brackets metálicos fijados con adhesivo Orthobond. | <p>clínicamente aceptables (5.9-7.8 MPa).</p> <ul style="list-style-type: none"> • No existe diferencia estadísticamente significativa ($p>0.05$) entre los valores de resistencia al cizallamiento de los dos sistemas adhesivos evaluados. | <p>manera:</p> <p>Grupo 1: Conformado por 30 premolares con brackets metálicos adheridos con el adhesivo Orthocem</p> |
| | | | <p>Grupo 2: Conformado por 30 premolares con brackets metálicos adheridos con adhesivo Orthobond Plus</p> |

9.2. Anexo B

9.2.1. Ficha de recolección de datos

| GRUPO A (A.ORTHOBOND PLUS) | | GRUPO B (A. ORTHOCEM) | |
|----------------------------|-------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|
| Nº PIEZAS | RESISTENCIA A LA COMPRESION(Mpa) | Nº PIEZAS | RESINTENCIA A LA COMPRESION(Mpa) |
| 1 | 10.00 | 1 | 8.82 |
| 2 | 5.35 | 2 | 3.69 |
| 3 | 5.33 | 3 | 2.45 |
| 4 | 5.71 | 4 | 5.28 |
| 5 | 5.14 | 5 | 11.05 |
| 6 | 12.33 | 6 | 3.01 |
| 7 | 10.18 | 7 | 5.16 |
| 8 | 4.17 | 8 | 6.81 |
| 9 | 7.46 | 9 | 4.89 |
| 10 | 6.53 | 10 | 1.40 |
| 11 | 6.93 | 11 | 1.53 |
| 12 | 5.60 | 12 | 7.26 |
| 13 | 4.74 | 13 | 8.17 |
| 14 | 6.59 | 14 | 6.96 |
| 15 | 5.65 | 15 | 8.26 |
| 16 | 10.17 | 16 | 0.95 |
| 17 | 5.97 | 17 | 5.63 |
| 18 | 5.59 | 18 | 4.51 |
| 19 | 10.46 | 19 | 9.63 |
| 20 | 16.24 | 20 | 4.87 |
| 21 | 8.78 | 21 | 3.59 |
| 22 | 8.94 | 22 | 3.33 |
| 23 | 7.01 | 23 | 5.90 |
| 24 | 6.07 | 24 | 2.14 |
| 25 | 5.51 | 25 | 4.83 |
| 26 | 5.79 | 26 | 6.59 |
| 27 | 5.95 | 27 | 6.98 |
| 28 | 5.43 | 28 | 3.15 |
| 29 | 7.43 | 29 | 6.22 |
| 30 | 9.08 | 30 | 5.69 |

9.3. Anexo C

9.3.1. Resultados de la resistencia al cizallamiento



LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIALES
LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES

Página 2 de 3

| INFORME DE ENSAYO N° | IEO-026-2025 | VERSIÓN N° 02 | Fecha de emisión: | 15-04-2025 |
|--|----------------------------------|-------------------|------------------------------|------------|
| 7. RESULTADOS DE ENSAYOS DE CIZALLAMIENTO | | | | |
| Grupo 1: Adhesivo Orthobond | | | | |
| Muestra | Área promedio (mm ²) | Fuerza máxima (N) | Esfuerzo Cizallamiento (Mpa) | |
| 1 | 11.46 | 114.64 | 10.00 | |
| 2 | 11.90 | 63.73 | 5.35 | |
| 3 | 11.32 | 60.30 | 5.33 | |
| 4 | 11.21 | 64.08 | 5.71 | |
| 5 | 12.85 | 66.02 | 5.14 | |
| 6 | 11.81 | 145.68 | 12.33 | |
| 7 | 11.10 | 113.04 | 10.18 | |
| 8 | 10.78 | 44.94 | 4.17 | |
| 9 | 11.12 | 82.91 | 7.46 | |
| 10 | 12.79 | 83.46 | 6.53 | |
| 11 | 11.55 | 80.09 | 6.93 | |
| 12 | 11.71 | 65.61 | 5.60 | |
| 13 | 13.97 | 66.13 | 4.74 | |
| 14 | 13.59 | 89.56 | 6.59 | |
| 15 | 12.40 | 70.06 | 5.65 | |
| 16 | 11.56 | 117.57 | 10.17 | |
| 17 | 11.64 | 69.53 | 5.97 | |
| 18 | 11.53 | 64.40 | 5.59 | |
| 19 | 11.84 | 123.89 | 10.46 | |
| 20 | 11.70 | 189.90 | 16.24 | |
| 21 | 12.35 | 108.42 | 8.78 | |
| 22 | 10.14 | 90.61 | 8.94 | |
| 23 | 10.68 | 74.88 | 7.01 | |
| 24 | 10.87 | 65.93 | 6.07 | |
| 25 | 12.96 | 71.38 | 5.51 | |
| 26 | 12.32 | 71.38 | 5.79 | |
| 27 | 11.35 | 67.47 | 5.95 | |
| 28 | 13.03 | 70.83 | 5.43 | |
| 29 | 12.55 | 93.24 | 7.43 | |
| 30 | 10.75 | 97.60 | 9.08 | |





LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIALES
LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES

Página 3 de 3

| INFORME DE ENSAYO N° | IEO-026-2025 | VERSIÓN N° 02 | Fecha de emisión: | 15-04-2025 |
|-----------------------------------|----------------------------------|-------------------|------------------------------|------------|
| Grupo 2: Adhesivo Orthocem | | | | |
| Muestra | Área promedio (mm ²) | Fuerza máxima (N) | Esfuerzo Cizallamiento (Mpa) | |
| 1 | 10.02 | 88.43 | 8.82 | |
| 2 | 9.86 | 36.36 | 3.69 | |
| 3 | 11.29 | 27.69 | 2.45 | |
| 4 | 12.18 | 64.33 | 5.28 | |
| 5 | 10.04 | 110.93 | 11.05 | |
| 6 | 12.13 | 36.51 | 3.01 | |
| 7 | 11.52 | 59.42 | 5.16 | |
| 8 | 12.06 | 82.09 | 6.81 | |
| 9 | 11.81 | 57.80 | 4.89 | |
| 10 | 11.40 | 15.94 | 1.40 | |
| 11 | 13.45 | 20.63 | 1.53 | |
| 12 | 13.48 | 97.90 | 7.26 | |
| 13 | 10.56 | 86.32 | 8.17 | |
| 14 | 11.02 | 76.66 | 6.96 | |
| 15 | 11.13 | 91.91 | 8.26 | |
| 16 | 10.54 | 10.06 | 0.95 | |
| 17 | 13.74 | 77.32 | 5.63 | |
| 18 | 11.45 | 51.63 | 4.51 | |
| 19 | 9.27 | 89.32 | 9.63 | |
| 20 | 9.89 | 48.17 | 4.87 | |
| 21 | 12.31 | 44.16 | 3.59 | |
| 22 | 11.57 | 38.54 | 3.33 | |
| 23 | 11.69 | 68.94 | 5.90 | |
| 24 | 10.31 | 22.03 | 2.14 | |
| 25 | 11.64 | 56.23 | 4.83 | |
| 26 | 11.42 | 75.26 | 6.59 | |
| 27 | 12.26 | 85.53 | 6.98 | |
| 28 | 10.54 | 33.15 | 3.15 | |
| 29 | 10.09 | 62.82 | 6.22 | |
| 30 | 12.04 | 68.47 | 5.69 | |

| | |
|--|--|
|   HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE |  HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE |
| ROBERT NICK EUSEBIO TEHERAN CIP: 193364 INGENIERO MECÁNICO Jefe de Laboratorio | |
| FIN DEL DOCUMENTO | |

9.4. Anexo D

9.4.1. Certificado de calibración



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Certificado de Calibración

LFP - C - 044 - 2024

Laboratorio de Fuerza, Torque y Presión

Consistente con las capacidades de medida y
Calibración (CMC – MRA)

Página 1 de 4

| | | |
|---------------------------|--|---|
| Expediente | 1052981 | Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI) |
| Solicitante | HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C. | |
| Dirección | Jirón Nepentas 364 urb. san silvestre San Juan de Lurigancho | |
| Instrumento de Medición | MAQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL | Este certificado es consistente con las capacidades que se incluyen en el Apéndice C del MRA elaborado por el CIPM. En el marco del MRA, todos los institutos participantes reconocen entre sí la validez de sus certificados de calibración y medición para las magnitudes, alcances e incertidumbres de medición especificados en el Apéndice C (para más detalles ver http://www.bipm.org). |
| Intervalo de Indicaciones | 0 N a 5 000 N | |
| Resolución | 0,01 N | |
| Marca | NO INDICA | |
| Modelo | CMT-5L | |
| Número de Serie | 7419 | |
| Procedencia | NO INDICA | <i>This certificate is consistent with the capabilities that are included in Appendix C of the MRA drawn up by the CIPM. Under the MRA, all participating institutes recognize the validity of each other's calibration and measurement certificates for the quantities, ranges and measurement uncertainties specified in Appendix C (for details see http://www.bipm.org).</i> |
| Clase de Exactitud | NO INDICA | |
| Fecha de Calibración | 2024-04-25 | |

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL.
Certificados sin firma digital y sello carecen de validez.

Responsable del área

Responsable del laboratorio



Firmado digitalmente
por DE LA CRUZ
GARCIA, Leonardo FAU
20600283015 soft
Fecha: 2024-04-26
18:02:59



Firmado digitalmente
por SANCHEZ AVILES
Ricardo Alfonso FAU
20600283015 soft
Fecha: 2024-04-26
17:38:27

Dirección de Metrología

Dirección de Metrología

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima – Perú
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501
Email: metrologia@inacal.gob.pe
Web: www.inacal.gob.pe





INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Certificado de Calibración

LFP - C – 044 – 2024

Consistente con las capacidades de medida y
Calibración (CMC – MRA)

Laboratorio de Fuerza, Torque y Presión

Página 2 de 4

Método de Calibración

Método de comparación tomando como referencia la Norma ISO 7500-1 "Metallic materials-Verification of static uniaxial testing machines"

Lugar de Calibración

ÁREA DE MATERIA Y CALIBRACIÓN II
CALLE NEPENTAS 364 URB. SAN SILVESTRE, SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA

Condiciones Ambientales

| | Inicial | Final |
|-------------|---------|--------|
| Temperatura | 24,2°C | 24,9°C |

Patrones de referencia

| Trazabilidad metrológica | Patrón de medición | Documento de calibración |
|--|--|---------------------------------------|
| Patrón de referencia del Centro Nacional de Metrología de México (CENAM) | Transductor de Fuerza LFP 02 015 Clase 0,5 | CNM-CC-720-383/2022 DE :2022-11-04 |

Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde INACAL-DM.



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Certificado de Calibración

LFP - C – 044 – 2024

Consistente con las capacidades de medida y
Calibración (CMC – MRA)

Laboratorio de Fuerza, Torque y Presión

Página 3 de 4

Resultados de Medición

Dirección de Carga : Tracción

| Indicación de Fuerza de la Máquina de Ensayo | | Indicación en el transductor de fuerza patrón | | | | | Promedio | Error de medición |
|--|----------|---|------------------|------------------|-------------------|------------------------------|----------|-------------------|
| | | 1ª Serie Ascenso | 2ª Serie Ascenso | 3ª Serie Ascenso | 3ª Serie Descenso | 4ª Serie - Accesorio Ascenso | | |
| (%) | (N) | (N) | (N) | (N) | (N) | (N) | (N) | |
| 10 | 500,00 | 496,85 | 498,86 | 496,18 | ----- | ----- | 497,30 | 2,70 |
| 20 | 1 000,00 | 997,59 | 995,25 | 990,73 | ----- | ----- | 994,52 | 5,48 |
| 30 | 1 500,00 | 1 496,98 | 1 496,15 | 1 494,81 | ----- | ----- | 1 495,98 | 4,02 |
| 40 | 2 000,00 | 1 995,48 | 1 999,16 | 1 990,30 | ----- | ----- | 1 994,98 | 5,02 |
| 50 | 2 500,00 | 2 494,54 | 2 498,89 | 2 494,38 | ----- | ----- | 2 495,94 | 4,06 |
| 60 | 3 000,00 | 2 994,12 | 2 998,64 | 2 992,45 | ----- | ----- | 2 995,07 | 4,93 |
| 70 | 3 500,00 | 3 494,67 | 3 499,68 | 3 492,83 | ----- | ----- | 3 495,73 | 4,27 |
| 80 | 4 000,00 | 3 990,96 | 3 999,31 | 3 993,30 | ----- | ----- | 3 994,52 | 5,48 |
| 90 | 4 500,00 | 4 491,47 | 4 498,31 | 4 494,14 | ----- | ----- | 4 494,64 | 5,36 |
| 96 | 4 800,00 | 4 790,20 | 4 798,04 | 4 789,70 | ----- | ----- | 4 792,65 | 7,35 |

Errores Encontrados del Sistema de Medición de Fuerza

| Valor Nominal | | Errores de medición relativos encontrados en % | | | | | Incertidumbre del error de medición U (%) k=2 |
|------------------------------|----------|--|---------------|----------------|---------------------|---------------------|---|
| | | Indicación | Repetibilidad | Reversibilidad | Resolución Relativa | Error con Accesorio | |
| (%) | (N) | g | b | v | a | | |
| 10 | 500,00 | 0,54 | 0,54 | ----- | 0,20 | ----- | 0,42 |
| 20 | 1 000,00 | 0,55 | 0,69 | ----- | 0,10 | ----- | 0,47 |
| 30 | 1 500,00 | 0,27 | 0,15 | ----- | 0,07 | ----- | 0,24 |
| 40 | 2 000,00 | 0,25 | 0,45 | ----- | 0,05 | ----- | 0,34 |
| 50 | 2 500,00 | 0,16 | 0,18 | ----- | 0,04 | ----- | 0,25 |
| 60 | 3 000,00 | 0,16 | 0,21 | ----- | 0,03 | ----- | 0,25 |
| 70 | 3 500,00 | 0,12 | 0,20 | ----- | 0,03 | ----- | 0,25 |
| 80 | 4 000,00 | 0,14 | 0,21 | ----- | 0,03 | ----- | 0,25 |
| 90 | 4 500,00 | 0,12 | 0,15 | ----- | 0,02 | ----- | 0,23 |
| 96 | 4 800,00 | 0,15 | 0,17 | ----- | 0,02 | ----- | 0,24 |
| Error relativo de cero f_0 | | 0,09 | | | | | |

| Clase de la escala de la máquina | Valor máximo permitido % Según la Norma ISO 7500-1 | | | | |
|----------------------------------|--|-----------------|------------------|-----------------------|------------|
| | Indicación g | Repetibilidad b | Reversibilidad v | Resolución Relativa a | Cero f_0 |
| 0,5 | ±0,5 | 0,5 | ±0,75 | 0,25 | ±0,05 |
| 1 | ±1,0 | 1,0 | ±1,5 | 0,5 | ±0,1 |
| 2 | ±2,0 | 2,0 | ±3,0 | 1,0 | ±0,2 |
| 3 | ±3,0 | 3,0 | ±4,5 | 1,5 | ±0,3 |

N = newton

La estimación de la incertidumbre fue realizada según el anexo C de la ISO 7500-1.



Certificado de Calibración

LFP - C – 044 – 2024

Consistente con las capacidades de medida y
Calibración (CMC – MRA)

Laboratorio de Fuerza, Torque y Presión

Página 4 de 4

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición", segunda edición, julio del 2001 (Traducción al castellano efectuada por Indecopi, con autorización de ISO, de la GUM, "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", corrected and reprinted in 1995, equivalente a la publicación del BIPM JCGM:100 2008, GUM 1995 with minor corrections "Evaluation of Measurement Data - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement").

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Recalibración

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

DIRECCION DE METROLOGIA

El Servicio Nacional de Metrología (actualmente la Dirección de Metrología del INACAL), fue creado mediante Ley N° 23560 el 6 enero de 1983 y fue encomendado al INDECOPi mediante Decreto Supremo DS-024-93 ITINCI.

El 11 de julio 2014 fue aprobada la Ley N° 30224 la cual crea el Sistema Nacional de Calidad, y tiene como objetivo promover y garantizar el cumplimiento de la Política Nacional de Calidad para el desarrollo y la competitividad de las actividades económicas y la protección del consumidor.

El Instituto Nacional de Calidad (INACAL) es un organismo público técnico especializado adscrito al Ministerio de Producción, es el cuerpo rector y autoridad técnica máxima en la normativa del Sistema Nacional de la Calidad y el responsable de la operación del sistema bajo las disposiciones de la ley, y tiene en el ámbito de sus competencias: Metrología, Normalización y Acreditación.

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con diversos Laboratorios Metrológicos debidamente acondicionados, instrumentos de medición de alta exactitud y personal calificado. Cuenta con un Sistema de Gestión de la Calidad que cumple con las siguientes Normas internacionales vigentes ISO/IEC 17025; ISO 17034; ISO/IEC 17043; ISO 27001 e ISO 37001; con lo cual se constituye en una entidad capaz de brindar un servicio integral, confiable y eficaz de aseguramiento metrológico para la industria, la ciencia y el comercio brindando trazabilidad metrológicamente válida al Sistema Internacional de Unidades SI y al Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con la cooperación técnica de organismos metrológicos internacionales de alto prestigio tales como: el Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) de Alemania; el Centro Nacional de Metrología (CENAM) de México; el National Institute of Standards and Technology (NIST) de USA; el Centro Español de Metrología (CEM) de España; el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) de Argentina; el Instituto Nacional de Metrología (INMETRO) de Brasil; entre otros.

LABORATORIO DE FUERZA Y PRESIÓN - LFP

Diversos servicios del Laboratorio de Fuerza y Presión cuentan con el reconocimiento internacional ya que están incluidos en el Apéndice C, dentro del marco del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo internacional (MRA) del Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM) conforme puede verse en la base de datos internacional del Bureau International des Poids et Mesures BIPM ingresando a este enlace

<https://www.bipm.org/kcdb/cmc/search?domain=PHYSICS&areaid=4&keywords=inacal&specificPart.branch=1&specificPart.service=-1&specificPart.subService=-1&specificPart.individualService=-1&countries=1&publicDateFrom=&publicDateTo=&unit=-1&minValue=&maxValue=&minUncertainty=&maxUncertainty=>

Concordantemente todos estos servicios tienen su Sistema de Calidad aprobado por el Quality System Task Force (QSTF) que es el grupo encargado de evaluar los Sistemas de Calidad de los Institutos Nacionales de Metrología INMs del Sistema Interamericano de Metrología (SIM).



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA
CON REGISTRO N° LC - 022



Registro N° LC - 022

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CL-143-2024

Página 1 de 3

Fecha de emisión: 2024-08-10

Expediente: 2458-2024

SOLICITANTE : HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C.
Dirección : JR. NEPENTAS NRO. 364 URB. SAN SILVESTRE SAN
JUAN DE LURIGANCHO-LIMA - LIMA

UNIMETRO S.A.C. ofrece a la industria y laboratorios de ensayo en general, los servicios de calibración de equipos e instrumentos de medición, contando para ello con un laboratorio equipado con equipos de alta tecnología y patrones trazables a patrones nacionales y patrones de referencia (DM-INACAL).

UNIDAD BAJO PRUEBA : PIE DE REY
Marca : MITUTOYO
Modelo : CD-8" ASX
Cód. fábrica : 500-197-30
Número de serie : B23082834
Cód. de identificación : No Indica
Ubicación : No indica
Alcance Indic. : 0 mm a 200 mm;
0 in a 8 in
Resolución : 0,01 mm; 0,0005 in
Tipo de Indicación : Digital
Procedencia : Japón

Los resultados del presente certificado sólo son válidos para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

DE LA CALIBRACIÓN
Fecha : 2024-08-10
Lugar : Laboratorio de Calibración de UNIMETRO S.A.C.
Método : Según el PC-012 Procedimiento de calibración de pie de rey 5ta. Edición, Agosto 2012, SNM-INDECOPI.

UNIMETRO S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este equipo e instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de calibración que figuran en este documento.

El usuario debe recalibrar sus equipos en intervalos adecuados, teniendo como base las características del trabajo realizado así como el mantenimiento del instrumento y el tiempo de vida del mismo.

RESULTADO DE LAS MEDICIONES

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.

La incertidumbre de la medición que se presenta esta basada en una incertidumbre estándar multiplicado por un factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95 %.

TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración tienen trazabilidad a los patrones de referencia del Laboratorio Nacional y/o laboratorios acreditados, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

| Trazabilidad | Patrón utilizado | Certificado de Calibración |
|--------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| Patrones de referencia del INACAL-DM | Bloques Patrón de Longitud IL-04 | LLA-C-003-2023 - INACAL-DM |
| | Varillas Cilíndricas IL-15 | LLA-200-2021 - INACAL-DM |
| | Anillo Patrón IL-14 | LLA-174-2021 - INACAL-DM |



Firmado digitalmente por
INGA CHUCOS
MOISES ADOLFO
FIR 10020315 hard
Fecha: 2024.08.10
12:09:33 -05'00'

MOISÉS ADOLFO INGA CHUCOS
INGENIERO FÍSICO
CIP N° 137294



PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE UNIMETRO S.A.C.

CONDICIONES AMBIENTALES

| | |
|-------------|------------------|
| Temperatura | 20,0 °C ± 2,0 °C |
|-------------|------------------|

RESULTADOS DE MEDICIÓN

ERROR DE REFERENCIA INICIAL (I): 0 μm

ERROR DE INDICACIÓN DEL PIE DE REY PARA MEDICIÓN DE EXTERIORES

| VALOR PATRÓN (mm) | PROMEDIO DE INDICACIÓN DEL PIE DE REY (mm) | ERROR (μm) |
|-------------------|--|------------|
| 0,000 | 0,000 | 0 |
| 50,000 | 50,000 | 0 |
| 100,000 | 99,997 | -3 |
| 149,999 | 149,994 | -5 |
| 199,999 | 199,997 | -2 |

| VALOR PATRÓN (mm) | ERROR DE CONTACTO DE LA SUPERFICIE PARCIAL (E) (μm) |
|-------------------|---|
| 150,00 | 10 |

| VALOR PATRÓN (mm) | ERROR DE REPETIBILIDAD (R) (μm) |
|-------------------|---------------------------------|
| 150,00 | 10 |

| VALOR PATRÓN (mm) | ERROR DE CAMBIO DE ESCALA DE EXTERIORES A INTERIORES (S _i -E) (μm) |
|-------------------|---|
| 20,00 | -3 |

| VALOR PATRÓN (mm) | ERROR DE CAMBIO DE ESCALA DE EXTERIORES A PROFUNDIDAD (S _p -E) (μm) |
|-------------------|--|
| 20,00 | -3 |

| VALOR PATRÓN (mm) | ERROR DE CONTACTO LINEAL (L) (μm) |
|-------------------|-----------------------------------|
| 9,98 | 10 |

| VALOR PATRÓN (mm) | ERROR DE CONTACTO DE SUPERFICIE COMPLETA (J) (µm) |
|-------------------------|---|
| 20,00 | 0 |

| VALOR PATRÓN (mm) | ERROR DEBIDO A LA DISTANCIA DE CRUCE DE LAS SUPERFICIES DE MEDICIÓN PARA MEDICIÓN DE INTERIORES (K) (µm) |
|-------------------------|--|
| 5,00 | 0 |

Incertidumbre del error de indicación del pie de rey: $[(10,94^2 + 0,007^2 * L^2)]^{1/2} \mu\text{m}$

L: indicación del pie de rey expresado en milímetros

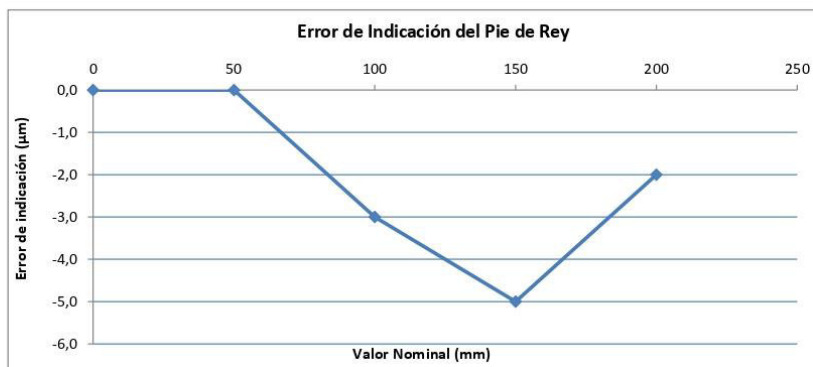
Nota 1: Error de indicación del pie de rey para medición de interiores = Error de Indicación de exteriores + Error de cambio de escala de exteriores a interiores (S_{E-})

Nota 2: Error de indicación del pie de rey para medición de profundidad = Error de Indicación de exteriores + Error de cambio de escala de exteriores a profundidad (S_{E-P}).

Nota 3: El instrumento tiene un error máximo permisible de $\pm 30 \mu\text{m}$, según norma DIN 862-1988.

OBSERVACIONES

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO" en el instrumento.



FIN DEL DOCUMENTO

9.5. Anexo E

9.5.1. Certificado de donación de dientes premolares

DENTAL KING PERÚ



Certificado de Donación de Dientes Premolares

A quien corresponda:

Por medio del presente, se deja constancia de que la clínica **DENTAL KING PERU**, con el compromiso de apoyar la investigación científica en el campo de la odontología, se donará **dientes premolares** a la bachiller **Rosa Rojas Jorge**.

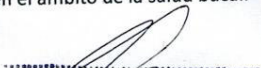
Estos dientes han sido extraídos por motivos ortodónticos y se entregan con el propósito de contribuir al desarrollo de un proyecto de investigación relacionado con tratamientos ortodónticos.

Detalles de la Donación:

- **Cantidad:** 60 dientes premolares
- **Condición:** Recién extraídos
- **Propósito:** Uso en investigación científica para tratamientos ortodónticos

Fecha de Extracción y Donación: Cuando lo requiera para la ejecución de su proyecto.

Agradecemos profundamente su interés en utilizar estos recursos para el avance de la ciencia y la mejora de los tratamientos en el ámbito de la salud bucal.


Carlos A. Naupari Torres
CIRUJANO DENTISTA
C.O.F. 32377

CARLOS NAUPARI TORRES

GERENTE GENERAL DENTAL KING PERU

9.6. Anexo F

9.6.1. Acta de aprobación de Comisión de Ética



Universidad Nacional
Federico Villarreal

**Facultad de
Odontología**



"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

COMITÉ DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN

ACTA DE APROBACIÓN DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

N°045-02-2025

Los miembros del Comité de Ética de Investigación de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Federico Villarreal integrado por la Mg. Carmen Rosa García Rupaya en calidad de Presidenta, Dr. Daniel Augusto Alvitez Temoche en calidad de miembro y Mg. Nimia Peltruche Adrianzen en calidad de miembro, se reunieron virtualmente para evaluar a solicitud del Director de la Unidad de Investigación, Innovación y Emprendimiento, el Proyecto de Investigación:

Título: "LA RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO DE BRACKETS METALICOS FIJADOS CON DOS SISTEMAS ADHESIVOS ACONDICIONADOS Y ENVEJECIDOS. IN VITRO"

Investigador: Bachiller ROJAS JORGE ROSA

Código de inscripción: 045-02-2025

Proyecto de investigación: versión última de fecha 20 de febrero de 2025

Luego de verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos en el proyecto presentado por el bachiller Rosa Rojas, y de acuerdo al Reglamento del Comité de Ética de la Universidad Nacional Federico Villarreal (Resolución R.N°.6437-2019-UNFV) se concluye en el siguiente calificativo: **Favorable con Aprobación**

La aprobación considera el cumplimiento de los estándares de la Facultad y de la Universidad, los lineamientos científicos y éticos, el balance riesgo/beneficio y la capacitación del equipo de investigación. En el caso de participación de seres humanos la confidencialidad de los datos y el ejercicio de la autonomía mediante la aplicación del consentimiento informado.

Los miembros del Comité de Ética suscribimos el presente documento:

Lima, 03 de marzo de 2025

Mg. Carmen Rosa García Rupaya
Presidenta
Comité de Ética en Investigación

Mg. Nimia Peltruche Adrianzen
Miembro
Comité de Ética en Investigación

Dr. Daniel Alvitez Temoche
Miembro
Comité de Ética en Investigación

9.7. Anexo G

9.7.1. Evidencia fotográfica

