



UNIVERSIDAD PERUANA  
**CAYETANO HEREDIA**

Facultad de  
**ESTOMATOLOGÍA**

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

RESISTANCE TO THE SHEAR FORCES OF THREE  
CEMENTING AGENTS ON METAL BRACKETS, IN  
SANDBLASTED AND MILLED THERMOCURED ACRYLIC  
RESIN SUPERFACES. IN VITRO

TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE ESPECIALISTA  
EN ORTODONCIA Y ORTOPEDIA MAXILAR

AUTOR

EVELYN GAZDALLY PONCE ARIAS

ASESOR

ALDO RAFAEL QUIÑE ANGELES

LIMA - PERÚ

2024



## **JURADO**

Presidente: Mg. Esp. Orlando Tuesta Da Cruz  
Vocal: Mg. Esp. Carlos Yuri Liñan Duran  
Secretario: Esp. Jorge Carlos Melgar Gutierrez

Fecha de Sustentación: 24 de mayo de 2024

Calificación: Aprobado

**ASESOR DE TESIS**

**ASESOR**

Mg. Esp. Aldo Rafael Quiñe Angeles

Departamento Académico de Estomatología del Niño y del Adolescente

ORCID: 0009-0008-7030-804X

## **DEDICATORIA**

A Dios, gracias por darme la bendición de cumplir mis objetivos trazados en cada etapa de la vida, también a mis padres y hermano, que siempre me guían y apoyan en cada proyecto propuesto, esta tesis es su recompensa.

Proverbios: 16:3

Pon en manos del Señor todas tus obras, y tus proyectos se cumplirán

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, a mi madre Florencia, a mi Padre Alcides, a mi hermano Diego por ser parte de todo este proceso durante toda la especialidad y hasta convertirme en especialista.

A mi familia y amigos que siempre me apoyaron, motivaron y confiaron en mi durante toda la etapa de estudios de la especialidad.

A los maestros de la especialidad que compartieron sus amplios conocimientos durante todo el residentado.

## **DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS**

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

## RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD

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

### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>19%</b>	<b>19%</b>	<b>3%</b>	<b>2%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>www.cop.org.pe</b> Fuente de Internet	<b>9%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.upch.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>3%</b>
<b>3</b>	<b>cybertesis.unmsm.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>4</b>	<b>teses.usp.br</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>fdocumenti.com</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>es.slideshare.net</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>www.researchgate.net</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>



## TABLA DE CONTENIDOS

	<b>Pág.</b>
I. Introducción	1
II. Objetivos	4
III. Materiales y Métodos	6
IV. Resultados	17
V. Discusión	20
VI. Conclusiones	27
VII. Referencias Bibliográficas	28
VIII. Tablas	33
Anexos	

## RESUMEN

**Introducción:** La resistencia al cizallamiento permite medir la fuerza necesaria entre la unión de dos materiales al aplicar fuerzas paralelas de sentido contrario. **Objetivo:** Comparar la resistencia a las fuerzas de cizallamiento de tres agentes cementantes sobre brackets metálicos, en superficies de resina acrílica de termocurado, arenadas y fresadas. **Materiales y métodos:** 120 bloques de resina acrílica de termocurado, fueron divididas en 6 grupos (20 superficies cada grupo). Tres grupos fueron adheridos con tres agentes cementantes a superficies arenadas, y los otros tres grupos fueron adheridos con tres agentes cementantes a superficies fresadas, utilizando brackets metálicos EDGEWISE slot 0.022'' (American Orthodontics 3524 Washington Ave, Sheboygan, WI 53081, EE. UU), resina acrílica Duralay, resina Orthocem y resina Transbond™ XT. **Resultados:** El valor máximo fue del grupo fresado con Duralay (6,52 MPa ± 1,45) y valor mínimo se encontró en el Orthocem (2,68 MPa ± 0,74), en superficies fresadas. La resina fotopolimerizable Orthocem tuvo una media de fuerza de cizallamiento de 6.39 (DS ±1.32), la resina acrílica Duralay obtuvo una media de 4.20 (DS±1.30) y la resina fotopolimerizable Transbond™ XT una media de 6.39 (DS±1.27) en superficies arenadas. En cuanto a las superficies fresadas la resina fotopolimerizable Orthocem tuvo una fuerza de cizallamiento de 2.68 (DS ±0.74), la resina acrílica Duralay una media de 6.52 (DS±1.45) y la resina fotopolimerizable Transbond™ XT una media de 4.28 (DS±1.33) en superficies arenadas. **Conclusión:** Si hubo diferencias significativas en todos los grupos según tipo de tratamiento de superficie al usar la misma resina.

**Palabras clave:** resistencia al corte, , soportes ortodóncicos, , resinas compuestas, resinas acrílicas, aparato fijo de ortodoncia.

## ABSTRACT

**Introduction:** Shear resistance allows measuring the force necessary between the union of two materials when applying parallel forces in opposite directions. **Aim:** Compare the resistance to shear forces of three cementing agents on metal brackets, on thermocured acrylic resin surfaces, sandblasted and milled.

**Materials and methods:** 120 blocks of thermocuring acrylic resin were divided into 6 groups (20 surfaces each group). Three groups were bonded with three cementing agents to sandblasted surfaces, and the other three groups were bonded with three cementing agents to milled surfaces, using EDGEWISE slot 0.022" metal brackets (American Orthodontics 3524 Washington Ave, Sheboygan, WI 53081, USA), Duralay acrylic resin, Orthocem resin and Transbond™ XT resin.

**Results:** The maximum value was in the group milled with Duralay (6.52 MPa ± 1.45) and the minimum value was found in the Orthocem (2.68 MPa ± 0.74), in milled surfaces. The Orthocem photopolymerizable resin had an average shear strength of 6.39 (DS ±1.32), the Duralay acrylic resin obtained an average of 4.20 (DS±1.30) and Transbond™ XT photopolymerizable resin an average of 6.39 (DS±1.27) on sandblasted surfaces. Regarding the milled surfaces, the Orthocem photopolymerizable resin had shear force of 2.68 (DS ±0.74), the Duralay acrylic resin an average of 6.52 (DS±1.45) and Transbond™ XT photopolymerizable resin a mean of 4.28 (DS±1.33) on sandblasted surfaces. **Conclusion:** There were significant differences in all groups depending on the type of surface treatment when using the same resin.

**Keywords:** shear resistance, cutting, heat curing, orthodontic supports, metal brackets, cementing agents, composite resins, acrylic resins, fixed orthodontic appliances.

## I. INTRODUCCIÓN

Los procedimientos utilizados en el consultorio se han ido modificando para adaptarse a la gran demanda de tratamientos ortodónticos que buscan solucionar alteraciones estéticas y funcionales del sistema estomatognático, en diferentes etapas de la vida, entre los cuales encontramos tratamientos en adultos que presentan coronas provisionales y que luego serán rehabilitados (1).

El tratamiento de ortodoncia en la actualidad es multidisciplinario y, como tal, la planificación, antes desarrollada por el ortodoncista, debe realizarse en conjunto con protesistas, periodoncistas, endodoncistas, cirujanos bucomaxilofaciales, e implantólogos, debido a la necesidad de resultados integrales por parte de los pacientes (2).

Una corona provisional permite mantener el papel funcional, terapéutico y estético de los dientes en el arco dental, dicha corona puede ser utilizada como apoyo o requerir el tratamiento de ortodoncia para corregir su posición individual; para esto, estas coronas provisionales, deben poseer características y propiedades adecuadas, las resinas químicamente activadas son los materiales comercializados en el mercado para la fabricación de coronas provisionales, se ha demostrado que la unión de los brackets a la corona provisional es más difícil comparada a la unión con los dientes naturales (3,4).

Durante los años 90 se han desarrollado técnicas de unión directa de aparatos de ortodoncia mediante acondicionamiento ácido y resina compuesta en dientes

naturales y en diversas superficies de material temporal, los cuales deben ser lo suficientemente resistentes para soportar las fuerzas ortodóncicas y oclusales (5,6).

El movimiento dental requiere cierta cantidad de fuerza para lograr el movimiento ortodóncico clínico, los avances en los materiales de ortodoncia y el desarrollo de nuevas técnicas de pegado de brackets sobre superficies que no sean de esmalte también han sido posibles; estas técnicas están enfocadas en disminuir la alta tasa de fallas, lo cual trae consecuencias adversas en el costo, aumento de tiempo de tratamiento y la eficiencia de la terapia de ortodoncia contribuyendo a la comodidad del paciente (7,8). Según Reynolds la fuerza adecuada para el movimiento dental de ortodoncia clínica es de 6MPa a 8MPa entre los brackets de ortodoncia y los dientes, con un rango de fuerza requerido para el movimiento de traslación de los dientes de 70 a 120gr y para extrusión de 35–60 gr (9). El ortodoncista tiene que seguir diferentes protocolos de acondicionamiento de superficies para unir brackets a diferentes materiales siendo este un paso imperativo para una correcta unión entre bracket y el agente cementante, donde a su vez, se pueden mejorar las superficies mediante la rugosidad mecánica del sustrato (10,11).

Se han desarrollado diferentes métodos para aumentar la retención de los aditamentos de ortodoncia como la preparación de la superficie por medios mecánicos o químicos, o con la combinación de ambos. La preparación mecánica del sitio de la corona puede incluir lijar o raspar la superficie con carburo o diamante. La preparación química para aumentar la fuerza de adhesión se realiza grabando la superficie de la corona con ácido fluorhídrico, o con la aplicación de

silano, o un acondicionador plástico. Por otro lado, la abrasión de la superficie del esmalte con partículas de óxido de aluminio de 50-90 micras y la aplicación de resina mejoran significativamente la resistencia al descementado de los aparatos de ortodoncia (12, 13).

Por ello, los estudios sobre la resistencia al cizallamiento de los brackets en superficies de dientes naturales, superficie de restauraciones con resina compuesta, superficies de resinas acrílicas y de coronas de cerámica; con agentes cementantes como resina fotopolimerizable, resina acrílica autopolimerizable, se han llevado a cabo con el fin de evaluar la adherencia clínica aceptable (14,15).

El objetivo de este estudio fue comparar la resistencia a las fuerzas de cizallamiento de tres agentes cementantes sobre brackets metálicos, en superficies de resina acrílica de termocurado, arenadas y fresadas.



## **II. OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Comparar la resistencia a las fuerzas de cizallamiento de tres agentes cementantes sobre brackets metálicos, en superficies de resina acrílica de termocurado, arenadas y fresadas.

### **Objetivos específicos**

- 1.** Determinar la resistencia a la fuerza de cizallamiento en brackets metálicos cementados con resina fotopolimerizable Orthocem FGM en superficies de resina acrílica de termocurado fresadas.
- 2.** Determinar la resistencia a la fuerza de cizallamiento en brackets metálicos cementados con resina acrílica Duralay en superficies de resina acrílica de termocurado fresadas.
- 3.** Determinar la resistencia a la fuerza de cizallamiento en brackets metálicos cementados con resina fotopolimerizable Transbond XT en superficies de resina acrílica de termocurado fresadas.
- 4.** Determinar la resistencia a la fuerza de cizallamiento en brackets metálicos cementados con resina fotopolimerizable Orthocem FGM en superficies de resina acrílica de termocurado arenadas.

5. Determinar la resistencia a la fuerza de cizallamiento en brackets metálicos cementados con resina acrílica Duralay en superficies de resina acrílica de termocurado arenadas.
  
6. Determinar la resistencia a la fuerza de cizallamiento en brackets metálicos cementados con resina fotopolimerizable Transbond XT en superficies de resina acrílica de termocurado arenadas.
  
7. Comparar la resistencia a la fuerza de cizallamiento en brackets metálicos cementados con resina fotopolimerizable Orthocem FGM, resina acrílica Duralay, resina fotopolimerizable Transbond XT según tipo de superficies (fresadas y arenadas).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio es de tipo prospectivo, transversal, comparativo y experimental In vitro.

Para el cálculo del tamaño de la muestra, fueron utilizados los datos disponibles en la literatura de la media y desviación estándar<sup>4,8</sup>. Con un nivel de significancia del 95% y 90% para el análisis de varianza, se encontró que la muestra debe estar compuesta por 20 bloques de acrílico por cada grupo.

Se confeccionaron 120 bloques de resina acrílica de termocurado de 1 x 2cm, donde fueron adheridos brackets metálicos EDGEWISE slot 0.022'' (American Orthodontics 3524 Washington Ave, Sheboygan, WI 53081, EE. UU) de incisivos centrales superiores, estos bloques fueron divididos de forma aleatoria en 6 grupos; conteniendo 20 bloques cada grupo. Tres grupos (60 superficies) adheridos con tres agentes cementantes en superficies arenadas, tratadas con óxido de aluminio y los otros tres grupos (60 superficies) fueron adheridos con tres agentes cementantes en superficies fresadas.

Los grupos fueron los siguientes:

Grupo 1 (FR): superficie fresada; cementación de 20 brackets con resina fotopolimerizable (Orthocem, FGM, Joinville, Brasil).

Grupo 2 (FA): superficie fresada; cementación de 20 brackets con resina acrílica Duralay (Reliance Dental Mfg Co).

Grupo 3 (FT): superficie fresada; cementación de 20 brackets con resina fotopolimerizable (Transbond XT; 3M Unitek, Monrivia, California, USA).

Grupo 4 (AR): superficie arenada con óxido de aluminio; cementación de 20 brackets con resina fotopolimerizable (Orthocem, FGM, Joinville, Brasil).

Grupo 5 (AA): superficie arenada con óxido de aluminio; cementación de 20 brackets con resina acrílica Duralay (Reliance Dental Mfg Co).

Grupo 6 (AT): superficie arenada con óxido de aluminio; cementación de 20 brackets con Resina fotopolimerizable (Transbond XT; 3M Unitek, Monrivia, California, USA).

Todas las muestras fueron procesadas adecuadamente según sus características físicas para realizar las pruebas de cizallamiento y determinar los resultados del estudio.

#### Criterios de selección

- Bloque de acrílico con superficie plana.
- Bloque de acrílico de termocurado de la misma marca.
- Brackets de incisivos de la misma prescripción.
- Brackets con superficie plana y malla fina.

## Criterios de exclusión

- Brackets posteriores
- Bloque de acrílico con deformidad en su superficie

## Variables (ANEXO 1)

### Variable independiente:

- Agente cementante: Material dental que se emplea para unir dos o más superficies.

Definición operacional: Material empleado para unir el bracket a la superficie de acrílico de termocurado.

Tipo: cualitativa

Escala de medición: Nominal

Indicadores: Resina fotopolimerizable Transbond XT; 3M Unitek, Monrivia, California, USA, resina fotopolimerizable Orthocem, FGM, Joinville, Brasil, resina acrílica Duralay (Reliance Dental Mfg Co).

- Tratamiento de superficie: es un proceso de fabricación que se realiza para dar unas características determinadas a la superficie de un objeto.

Definición operacional: Modificación de superficie para adhesión del bracket.

Indicadores: Condición de superficie

Tipo: cualitativa

Escala de medición: Nominal

Categoría: fresada, arenada.

Variable dependiente:

- Resistencia a la fuerza de cizallamiento: resistencia del material de cementación frente a una fuerza que se opone a que dos piezas contiguas se deslicen una con relación a la otra, en una dirección paralela a su plano de contacto.

Definición operacional: Resistencia a la separación de la interfase bracket y resina acrílica de termocurado.

Indicadores: Máquina de ensayo universal

Tipo: cuantitativa

Escala de medición: De razón

Categoría: Mpa

Tratamiento de superficie

Se realizó el tratamiento de superficie con fresa cilíndrica de diamante de grano fino en el centro de la superficie del bloque de resina acrílica de termocurado cementaron los brackets en las 60 muestras (Grupo 1, 2 y 3); utilizando una pieza de mano dental de alta velocidad y un rociado continuo de agua, los discos compuestos se desgastaron con una fresa de diamante, desde dos direcciones perpendiculares entre sí durante tres veces, en cada dirección.

Se realizó el arenado con óxido de aluminio de 50  $\mu\text{m}$  por 5 segundos y a 10 mm de distancia, en el centro de la superficie del bloque de resina acrílica de termocurado donde se cementaron los brackets en las 60 muestras (Grupo 4,5 y 6).

## Técnicas y procedimientos (ANEXO 3)

### Prueba Piloto

Consistió en el entrenamiento de cementado de brackets por parte de un especialista en ortodoncia.

Para la estandarización del cementado de brackets se realizaron pruebas ‘en frío’ con el objetivo de manejar adecuadamente el material y la colocación en la superficie del bloque de resina acrílica de termocurado.

Se realizó la prueba piloto con el 10% de la muestra en cada grupo, de forma aleatoria, se utilizó la máquina digital de ensayos universales CMT-5L, cada cubo se colocó correctamente sobre la base de la máquina a una velocidad de 0.5mm/min.

### Recolección de la muestra

Se utilizaron superficies de bloques de resina acrílica de termocurado para el pegado de los brackets.

Las superficies de acrílico fueron confeccionadas con una porción de acrílico termocurado Vitalloy que fue vertido en fase líquida sobre el molde, se procesó de manera física (termocurado). Por último, para homogeneizar las superficies de unión, se realizó el pulido superficial.

Las muestras fueron empufladas y luego almacenadas a temperatura ambiente, antes de la colocación de brackets.

Grupos de la muestra:

Grupo 1 (FR): Superficie fresada con fresa cilíndrica de diamante de grano fino (MDT, Irsael); se cementaron 20 brackets con resina fotopolimerizable Orthocem FGM.

- Con un portaminas se trazó en el centro de la superficie de acrílico termocurado, la fresa se colocó paralela a la superficie de la muestra.

- Se grabó con ácido ortofosfórico al 37%, por 30 segundos.

- Se lavó con agua y se secó por 30 segundos.

- Se manipuló una porción de resina fotopolimerizable Orthocem según las instrucciones del fabricante sobre la base del bracket, sujetado por una pinza porta-bracket.

- Se presionó y retiraron los excesos de la resina fotopolimerizable con un explorador.

- Se procedió a la fotopolimerización con una intensidad de luz de 450 mW / cm<sup>2</sup>.

La duración de la incidencia de la luz fue de 20 segundos, 10 segundos por cada lado (mesial y distal), siguiendo las instrucciones del fabricante con la lámpara Led inalámbrica (Ti-Lite GT-1500 MONITEX).

Grupo 2 (FA): Superficie fresada con fresa cilíndrica de diamante de grano fino (MDT, Irsael); se cementaron 20 brackets con resina acrílica Duralay:

- Con un portaminas se trazó en el centro de la superficie de acrílico termocurado, la fresa se colocó paralela a la superficie de la muestra.

- Se grabó con ácido ortofosfórico al 37%, por 30 segundos.

- Se lavó la superficie con agua y se secó por 30 seg.



- Se manipuló una porción polvo-líquido 3:1 según las instrucciones del fabricante sobre la base del bracket, sujetado por una pinza porta-bracket, previa impregnación de monómero.
- Se presionó y se retiraron los excesos de la resina acrílica con un explorador.
- Se procedió a esperar que polimerice.

Grupo 3 (FT): Superficie fresada con fresa cilíndrica de diamante de grano fino (MDT, Irsael); se cementaron 20 brackets con Resina de fotopolimerizable Transbond XT:

- Con un portaminas se trazó en el centro de la superficie de acrílico termocurado, la fresa se colocó paralela a la superficie de la muestra.
- Se grabó con ácido ortofosfórico al 37%, por 30 segundos.
- Se lavó con agua y se secó por 30 segundos.
- Se manipuló una porción de resina de fotopolimerizable Transbond XT sujetado por una pinza porta-bracket, según las instrucciones del fabricante sobre la base del bracket y previa colocación de primer en superficie acrílica.
- Se presionó y retiraron los excesos de la resina fotopolimerizable con un explorador.
- Se procedió a la fotopolimerización con una intensidad de luz de 450 mW/cm<sup>2</sup>. La duración de la incidencia de la luz fue de 20 segundos, 10 segundos por cada lado (mesial y distal), siguiendo las instrucciones del fabricante con la lámpara Led inalámbrica (Ti-Lite GT-1500 MONITEX).

Grupo 4 (AR): la superficie arenada con óxido de aluminio; cementación de 20 brackets con resina fotopolimerizable Orthocem FGM.

- Con un portaminas se trazó en el centro de la superficie de acrílico termocurado y se arenó el centro con óxido de aluminio 50  $\mu\text{m}$  por 5 segundos y a 10 mm de distancia.

- Se grabó con ácido ortofosfórico al 37%, por 30 segundos.

- Se lavó con agua y se secó por 30 segundos

- Se manipuló una porción de resina fotopolimerizable Orthocem según las instrucciones del fabricante sobre la base del bracket, sujetado por una pinza porta-bracket.

- Se presionó y retiraron los excesos de la resina fotopolimerizable con un explorador.

- Se procedió a la fotopolimerización con una intensidad de luz de 450 mW /  $\text{cm}^2$ .

La duración de la incidencia de la luz fue de 20 segundos, 10 segundos por cada lado (mesial y distal), siguiendo las instrucciones del fabricante con la lámpara Led inalámbrica (Ti-Lite GT-1500 MONITEX).

Grupo 5 (AA): Superficie arenada con óxido de aluminio 50 micras Bio-Art (São Carlos – Brasil); se cementaron 20 brackets con resina acrílica Duralay:

- Con un portaminas se trazó en el centro de la superficie de acrílico termocurado y se arenó el centro con óxido de aluminio 50  $\mu\text{m}$  por 5 segundos y a 10 mm de distancia.

- Se grabó con ácido ortofosfórico al 37%, por 30 segundos.

- Se lavó la superficie con agua y se secó por 30 seg.

- Se manipuló una porción polvo-líquido 3:1 según las instrucciones del fabricante sobre la base del bracket, sujetado por una pinza porta-bracket, previa impregnación de monómero.

-Se presionó y se retiraron los excesos de la resina acrílica con un explorador.

-Se procedió a esperar que polimerice.

Grupo 6 (AT): la superficie arenada con óxido de aluminio; cementación de 20 brackets con Resina de fotopolimerizable Transbond XT:

- Con un portaminas se trazó en el centro de la superficie de acrílico termocurado y se arenó el centro con óxido de aluminio 50  $\mu\text{m}$  por 5 segundos y a 10 mm de distancia.

- Se grabó con ácido ortofosfórico al 37%, por 30 segundos.

- Se lavó con agua destilada y se secó por 30 segundos.

- Se manipuló una porción de resina de fotopolimerizable Transbond XT sujetado por una pinza porta-bracket, según las instrucciones del fabricante sobre la base del bracket y previa colocación de primer en superficie acrílica.

-Se presionó y retiraron los excesos de la resina fotopolimerizable con un explorador.

-Se procedió a la fotopolimerización con una intensidad de luz de 450 mW/cm<sup>2</sup>.

La duración de la incidencia de la luz fue de 20 segundos, 10 segundos por cada lado (mesial y distal), siguiendo las instrucciones del fabricante con la lámpara Led inalámbrica (Ti-Lite GT-1500 MONITEX).

## Prueba de cizallamiento

La prueba de cizallamiento se realizó en el Laboratorio Especializado en Ensayos Mecánicos de Materiales HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE SAC (HTL) – PERÚ.

Se utilizó la Máquina de Ensayos Mecánicos Universales Vernier Digital (LG CMT-5L).

- Se tomaron las medidas del instrumento Vernier digital de 200mm de Marca Mitutoyo, se realizó bajo el estándar internacional ISO 3597-3.
- Se realizaron ensayos de las fuerzas de desprendimiento del bracket en forma paralela.
- Se colocó un dispositivo en la base de la máquina colocando el extremo del aditamento sujetando a la base la superficie de acrílico con la ayuda de tres tornillos; y en el otro lado se colocó el aditamento de cizallamiento biselado que ejerció presión sobre la interfase bracket-agente cementante-superficie de acrílico termocurado.
- Una vez montado en el equipo, se accionó la máquina, produciendo el acercamiento del aditamento biselado hacia la superficie de acrílico, de tal manera que la capa de agente cementante coincidió con el eje longitudinal de la barra que produjo la fuerza.
- Finalmente, los valores se registraron los valores de resistencia a la fuerza de cizalla se calculó en megapascales (MPa) (**ANEXO 4,5**).

### Análisis estadístico

Para el análisis de los datos obtenidos se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk. Para el análisis bivariado se utilizó la prueba T Student para muestras independientes y ANOVA de un factor, así como Prueba de U de Mann Whitney y Prueba de Kruskal Wallis.

### Aspectos éticos

Este proyecto siguió los requisitos establecidos por el Comité Institucional de Ética de la Universidad Peruana Cayetano Heredia para el desarrollo del trabajo de investigación que no compromete seres humanos, siendo exonerado de aprobación por el Comité de Ética en Humanos ya que se trata de un procedimiento in-vitro con materiales dentales (**ANEXO 2**).

#### **IV. RESULTADOS**

Los resultados del presente estudio se procesaron en el software de análisis estadístico IBM SPSS 27. Los valores de resistencia al cizallamiento entre los grupos experimentales se muestran en la Tabla 1. Observamos que entre todos los grupos el valor mínimo y máximo a la fuerza de cizallamiento fue de 1,68 MPa y 10,01 MPa respectivamente. El valor máximo que se encontró sobre las medias fue del grupo 2 ( $6,52 \text{ MPa} \pm 1,45$ ) y valor mínimo de la media se encontró en el grupo 1 ( $2,68 \text{ MPa} \pm 0,74$ ), siendo los dos valores en superficies fresadas.

La magnitud de las fuerza de cizalla en la cementación de los brackets con resina fotopolimerizable Orthocem en superficies de resina acrílica de termocurado fresadas fue de  $2.68 \text{ MPa} \pm 0.74$ , encontrándose valores en el rango de 1.68 MPa a 3.62 MPa.

La magnitud de las fuerza de cizalla en la cementación de los brackets con resina acrílica Duralay en superficies de resina acrílica de termocurado fresadas fue de  $6.52 \text{ MPa} \pm 1.45$ , encontrándose valores en el rango de 4.57 MPa a 10.01 MPa.

La magnitud de las fuerzas de cizalla en la cementación de los brackets con resina fotopolimerizable Transbond XT en superficies de resina acrílica de termocurado fresadas fue de  $4.28 \text{ MPa} \pm 1.33$ , encontrándose valores en el rango de 2.50 MPa a 6.82 MPa.

La magnitud de las fuerzas de cizalla en la cementación de los brackets con resina fotopolimerizable Orthocem en superficies de resina acrílica de termocurado arenadas fue de  $6.39 \text{ MPa} \pm 1.32$ , encontrándose valores en el rango de 4.72 MPa a 8.76 MPa.

La magnitud de las fuerzas de cizalla en la cementación de los brackets con resina acrílica Duralay en superficies de resina acrílica de termocurado arenadas fue de  $4.20 \text{ MPa} \pm 1.30$ , encontrándose valores en el rango de 2.72 MPa a 8.17 MPa.

La magnitud de las fuerzas de cizalla en la cementación de los brackets con resina fotopolimerizable Transbond XT en superficies de resina acrílica de termocurado arenadas fue de  $6.39 \text{ MPa} \pm 1.27$ , encontrándose valores en el rango de 3.68 MPa a 8.03 MPa.

Existen diferencias significativas entre la fuerza de cizallamiento de la resina fotopolimerizable Orthocem, resina acrílica Duralay y resina fotopolimerizable Transbond XT ( $p < 0.001$ ) en superficie de resina acrílica de termocurado fresada, la resina fotopolimerizable Orthocem tuvo una media de fuerza de cizallamiento de 2.68 (DS  $\pm 0.74$ ), a diferencia de la resina acrílica Duralay que obtuvo una media de 6.52 (DS  $\pm 1.45$ ) y de la resina fotopolimerizable Transbond XT con una media de 4.28 (DS  $\pm 1.33$ ).

Existen diferencias significativas entre la fuerza de cizallamiento de la resina fotopolimerizable Orthocem, resina acrílica Duralay y resina fotopolimerizable Transbond XT ( $p < 0.001$ ) en superficie de resina acrílica de termocurado arenada, la resina fotopolimerizable Orthocem tuvo una media de fuerza de cizallamiento de 6.39 (DS  $\pm 1.32$ ), a diferencia de la resina acrílica Duralay que obtuvo una media de 4.20 (DS  $\pm 1.30$ ) y de la resina fotopolimerizable Transbond XT con una media de 6.39 (DS  $\pm 1.27$ ).

En la tabla 2 de comparación de resistencia al cizallamiento de la resina fotopolimerizable Orthocem, resina acrílica Duralay y resina fotopolimerizable

Transbond XT en superficies fresadas y arenadas, se evidencia la que existen diferencias significativas entre la fuerza de cizallamiento en superficie acrílica de termocurado arenadas con resina acrílica Duralay comparada con las resinas fotopolimerizables Orthocem y Transbond XT ( $p < 0.001$ ).

Existen diferencias significativas entre la fuerza de cizallamiento en superficie acrílica de termocurado fresadas comparando los tres agentes cementantes ( $p < 0.001$ ).

No se encontró diferencia significativa entre superficie de resina acrílica de termocurado fresada con resina acrílica Duralay comparada con las superficies de resina acrílica de termocurado arenada, con resina fotopolimerizable Orthocem y resina fotopolimerizable Transbond XT.

No se encontró diferencia significativa entre superficie de resina acrílica de termocurado arenada con resina acrílica Duralay comparada con la superficie de resina acrílica de termocurado fresada, con resina fotopolimerizable Transbond XT.

No se encontró diferencia significativa entre superficie de resina acrílica de termocurado arenada con resina fotopolimerizable Orthocem y la resina fotopolimerizable Transbond XT.



## V. DISCUSIÓN

El presente estudio fue desarrollado para probar la resistencia al cizallamiento de tres agentes cementantes sobre brackets metálicos, en superficies de resina acrílica de termocurado, arenadas y fresadas; comparándolas y obteniendo resultados que nos permitan evidenciar las condiciones adecuadas para una mejor resistencia al cizallamiento durante el tratamiento de ortodoncia. Los resultados sugieren que existen razones para una correcta elección del material ya que existen diferencias significativas entre los tres agentes cementantes. Los métodos utilizados en este estudio se basaron en la literatura sobre la unión de superficies y coronas de resina acrílica con tratamiento de superficie unidas mediante resinas compuestas fotopolimerizables y resina acrílica polimerizable (1).

En el presente estudio, la muestra que fue cementada con resina acrílica Duralay en superficies de resina acrílica de termocurado fresada obtuvo la mayor resistencia al cizallamiento ( $6,52 \text{ MPa} \pm 1,45$ ); le siguen los grupos que fueron cementados con resina fotopolimerizable Orthocem y con resina fotopolimerizable Transbond XT en superficies de resina acrílica de termocurado arenada ( $6,39 \text{ MPa} \pm 1,32$ ) y ( $6,39 \text{ MPa} \pm 1,27$ ) respectivamente, Reynolds et al. 1975, afirmaron que una resistencia al cizallamiento clínicamente aceptable para la unión de brackets varía de 6 a 8 MPa por lo que nuestros resultados evidencian eficiencia en la cementación de los brackets en coronas de resina de acrílico termocurado arenadas y fresadas (8). En comparación con el estudio de Viwattanatipa et al. 2010. donde evaluaron el efecto de diferentes técnicas de preparación de superficies sobre las probabilidades de supervivencia de brackets de ortodoncia adheridos a resina compuesta de nanorrelleno, con el uso de la fresa diamantada mostraron de resistencia de la unión

al cizallamiento una media de menor valor ( $4,7\text{MPa} \pm 1,5$ ) en comparación con nuestros resultados. En nuestro estudio encontramos que los valores máximos y mínimos fueron en superficies fresadas, con el valor máximo de la media en el grupo 2 ( $6,52\text{MPa} \pm 1,45$ ) y valor mínimo de la media se encontró en el grupo 1 ( $2,68\text{MPa} \pm 0,74$ ), esto se puede deber a lo que Bishara, et al. en 2003 y Eslamian, et al. en 2011 refieren que no hay un método evaluable para el tratamiento de superficies con una fresa, por lo que es susceptible al sesgo del operador, esto se puede deber como resultado de la falta de control y medición precisa durante el procedimiento de fresado, el cual puede ser influenciado por el tipo de material.

Según Masioli et al. 2011, refieren que al utilizar la resina acrílica Duralay en superficies de resina acrílica de termocurado fresada y el humedecer la superficie con monómero proporcionó una medida adicional para mejorar la eficacia de la interacción química resina acrílica/resina acrílica, además Thean, Chew y Goh. informaron sobre el ácido grabador este no altera la topografía original de la resina acrílica, sino que es utilizada para promover la limpieza de los desechos generados durante la preparación de las superficies de unión (7). Si bien la rugosidad de las superficies tratadas con fresas fue muy superior a las demás, encontraron que topográficamente la superficie tratada con fresa presenta grumos redondeados y una pronunciada variación del relieve, confirmado por las mediciones realizadas con el rugosímetro. Además, las partículas de óxido de aluminio causaron microporosidades sobre la resina acrílica de termocurado, la resina fotopolimerizable Transbond XT® presenta un primer (adhesivo) lo que hace que su sistema de adhesión presente mejor eficiencia (1,23).

Asimismo en nuestro estudio encontramos que las superficies fresadas usando resina fotopolimerizable Orthocem y Transbond XT obtuvieron valores de fuerza de unión por debajo de lo que es clínicamente aceptable, según la literatura anteriormente mencionada, estos resultados fueron similares a los encontrados por Goracci et al. 2019 evaluaron las fuerzas de unión al cizallamiento de brackets sobre bloques de resina de polimetilmetacrilato (PMMA) que fueron fabricados a través de computadora (CAD/CAM), los cuales fueron tratados con papel de carburo de silicio de grano 180 y de 320 que simulaban a una fresa de grano medio y fino respectivamente, utilizando resina Transbond XT, encontrando una media máxima de  $5,95 \text{ MPa} \pm 1,37$  de los cuales sugieren que como indicación clínica, la unión de brackets se puede mejorar de manera equivalente, tallando con una fresa de diamante de grano normal/medio o recubriendo la superficie intacta con un adhesivo universal (10).

Un estudio de Shahin y et al. 2021 sugieren que la resina acrílica tiene alta resistencia al cizallamiento por la presencia de acrilatos que se entrecruzan para producir una mayor resistencia mecánica y disminuir el debilitamiento en presencia de agua (16).

Pinho et al. 2017 indicaron que la fresa de diamante creaba la mayor aspereza en el acrílico seguida del arenado, y que el grabado y las aplicaciones de acondicionadores de monómero o plástico resultaban en escasas alteraciones del acrílico, además las resinas acrílicas se desempeñaron mejor que las resinas compuestas y la presencia de cianoacrilato mejoró el desempeño de ambos materiales. Este hallazgo refuerza la idea de que existe una unión química

importante para aumentar la fuerza de unión de los brackets a las superficies acrílicas (17).

Najafi et al. 2019, compararon la resistencia al cizallamiento de los brackets de ortodoncia con las coronas de policarbonato y PMMA con cuatro métodos diferentes de preparación de la superficie, incluido el desgaste de la superficie con piedra verde, arenado, CO<sub>2</sub> Aplicación de láser y MMA (resina acrílica metacrilato de metilo) unidos con resina acrílica, a diferencia de nuestro estudio donde utilizamos superficies acrílicas MMA de termocurado arenadas y cementadas con resina acrílica Duralay se encontraron diferencias de las medias que el arenado y la resina acrílica, ellos encontraron mayor fuerza de unión de 14,78 Mpa; esto se puede deber a que el PMMA es un polímero de cadena única larga, que tiene más enlaces dobles de carbono en la superficie como sitio potencial de unión (18).

Según Farhadifard et al. 2020, evaluaron el efecto de diferentes tratamientos de superficie sobre la resistencia adhesiva al cizallamiento de los brackets cerámicos en restauraciones antiguas de composite donde utilizaron, arenado, fresado e irradiación con láser Er,Cr:YSGG los cuales fueron adheridos con Transbond XT; no encontraron diferencias significativas entre ambos tratamientos de superficies, siendo el valor medio más alto en el grupo de fresado desgastado con fresa de diamante y pieza de mano de alta velocidad a diferencia de nuestro estudio, sugiriendo que este hallazgo puede deberse al hecho de que los métodos abrasivos crean cráteres profundos y rayas en la superficie del composite creando macro y microporosidades, lo que da como resultado una alta retención que se sometió a la superficie. Acerca del uso de láser, la diferencia media de resistencia al cizallamiento entre el láser Er,Cr:YSGG y los grupos de control no fue

estadísticamente significativa; sin embargo, la aplicación del láser aumentó la resistencia al cizallamiento en comparación con el grupo de control y mostró un resultado clínicamente aceptable ya que el valor de resistencia al cizallamiento de 6–8 MPa, sugiriendo más estudios sobre este tema (19).

Biadse et. al 2023 utilizaron brackets sobre superficies de PMMA unidas a resina Tranbond XT las cuales fueron sometidas a termociclado para inducir un entorno similar al de la cavidad bucal y al medir la fuerza de unión por 1 mes, sugirieron aumentar la rugosidad de la superficie para mejorar la retención mecánica, seguido de la aplicación de un agente de unión para promover una mejor unión química. La rugosidad de la superficie con óxido de aluminio minimiza el fracaso de la unión del bracket al aumentar el área superficial y la capacidad de retención. El arenado es un tratamiento de superficie que provoca características de microretención estas partículas de alúmina de  $\mu\text{m}$  recubiertas con sílice mejoran la fuerza de unión. Este hallazgo se atribuye al efecto químico adicional que aportan las partículas de sílice, lo que enfatiza que el pretratamiento de la alúmina recubierta de sílice no es solo un desbaste mecánico sino también químico, de igual forma encontrada en nuestro estudio con respecto a las superficies fresadas y el uso de resinas fotopolimerizables (20).

Sales et al. 2022 evaluaron el efecto de diferentes tratamientos superficiales sobre la resistencia de la unión al microcizallamiento y las características superficiales de zirconia donde encontraron valores medios de las fuerzas de cizallamiento similares a nuestro estudio, llegando a concluir que el ácido fluorhídrico y arenado revelaron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos superficiales, la

desventaja que encontraron fue que la abrasión por aire rugosa es agresiva con la superficie y causó pérdida de material (21).

Palesik et al. 2022 evaluaron el impacto de los cambios de temperatura a la fuerza de adhesión de los tubos molares donde utilizaron un adhesivo para tubos fotopolimerizables, los dientes del grupo experimental se sumergieron 2000 veces en solución salina a 5 °C ya 55 °C. Según sus resultados sugieren recomendar a los pacientes de ortodoncia con aparatos fijos que no mezclen alimentos o bebidas calientes y muy fríos, como helados, con café, agua helada y comidas calientes al mismo tiempo que comen o beben, ya que estos cambios de temperatura reducen la fuerza de adhesión de los aparatos ortopédicos, así también el aumento temperatura podría favorecer la adhesión en coronas con el uso de resina acrílica duralay (22).

Los estudios in vitro tienen ventajas y limitaciones para la evaluación de los agentes cementantes sobre la unión directa del bracket a una superficie de material temporal; este proceso debe basarse en la correcta colocación de los dispositivos ortodónticos, capaces de soportar las fuerzas de ortodoncia al cual son sometidas durante el movimiento dental, así como a las fuerzas masticatorias. Por un lado, su mayor ventaja es que solamente en un entorno in vitro, se logra obtener las condiciones óptimas y el aislamiento absoluto requerido para la adhesión de brackets. Pero por otro lado existe una serie de parámetros con respecto al ambiente oral que no pueden ser reproducidas en esta clase de estudios. Por ejemplo, el estrés generado por los arcos ante las fuerzas oclusales, variaciones del pH o temperatura ni la existencia de la complejidad de la microflora oral y sus subproductos.

Las limitaciones de este estudio in vitro, fueron que no se encontraba en condiciones clínicas reales, donde los agentes cementantes sufren en degradación por la acción de componentes salivales, hábitos nocivos, masticación, alimentación y temperatura. Además, la literatura sigue siendo limitada.

Para futuros estudios se recomienda la simulación clínica como el Ph y temperatura, ampliar el tamaño muestral y equilibrar la cantidad de muestra a comparar con otros tipos de materiales temporales usados actualmente en el mercado.

## **VI. CONCLUSIONES**

1. Hubo diferencias significativas en todos los grupos según tipo de tratamiento de superficie al usar la misma resina.
2. En las condiciones en las que el presente estudio fue realizado, la fuerza de cizallamiento para el desprendimiento de los brackets metálicos fue mayor en la superficie fresada con acrílico Duralay, seguida de la resina Transbond XT y luego Orthocem, lo cual fue estadísticamente significativa.
3. La fuerza de cizallamiento para el desprendimiento de los brackets metálicos en superficie arenada con resina Orthocem y Tranbond XT tuvieron el mismo valor lo cual no fue estadísticamente significativo. La resina acrílica Duralay obtuvo menor media de fuerza de cizallamiento que las resinas anteriormente mencionadas.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cunha DL, De Oliveira MA, Masioli MA, Moraes JR. Assessment of the effect of different surface treatments on the bond strength of brackets bonded to acrylic resin. *Dental Press J Orthod.* 2011 Jan-Feb;16(1):37-47.
2. Hammad SM, El Banna MS. Effects of cyclic loading on the shear bond strength of metal orthodontic brackets bonded to resin composite veneer surface using different conditioning protocols. *Prog Orthod.* 2013;14:14.
3. Haber D, Khoury E, Ghoubril J, Cirulli N. Effect of Different Surface Treatments on the Shear Bond Strength of Metal Orthodontic Brackets Bonded to CAD/CAM Provisional Crowns. *Dent J (Basel).* 2023 ;11(2):38. doi: 10.3390/dj11020038.
4. Alhendi K, Mohammed A. Effect of Different Temporization Material and Surface Treatments Methods on Shear Bond Strength of Orthodontic Brackets: An In-vitro Study. *J Res Med Dent Sci* 2022;10(11):133-8.
5. De Almeida JX, Deprá MB, Marquezan M, Retamoso LB, Tanaka O. Effects of surface treatment of provisional crowns on the shear bond strength of brackets. *Dental Press J Orthod.* 2013;18(4):29-34. doi: 10.1590/s2176-94512013000400006. PMID: 24262414
6. Vinagre AR, Messias AL, Gomes MA, Costa AL, Ramos JC. Effect of time on shear bond strength of four orthodontic adhesive systems. *Rev Port Estomatol Med Dent Cir Maxilofac* 2014;;55(3):142–51.
7. Dias FM, Pinzan-Vercelino CR, Tavares RR, Gurgel Jde A, Bramante FS, Fialho MN. Evaluation of an alternative technique to optimize direct

- bonding of orthodontic brackets to temporary crowns. *Dental Press J Orthod.* 2015;20(4):57-62. doi: 10.1590/2176-9451.20.4.057-062.oar. PMID: 26352846
8. Garcés GA, Rojas VH, Bravo C, Sampaio CS. Shear bond strength evaluation of metallic brackets bonded to a CAD/CAM PMMA material compared to traditional prosthetic temporary materials: an in vitro study. *Dental Press J Orthod.* 2020;25(3):31-38. doi: 10.1590/2177-6709.25.3.031-038.oar. Epub 2020 Aug 19. PMID: 32844970
  9. Rambhia S, Heshmati R, Dhuru V, Iacopino A. Shear bond strength of orthodontic brackets bonded to provisional crown materials utilizing two different adhesives. *Angle Orthod.* 2009;79(4):784-9. doi: 10.2319/060908-298.1. PMID: 19537859.
  10. Goracci C, Özcan M, Franchi L, Di Bello G, Louca C, Vichi A. Bracket bonding to polymethylmethacrylate-based materials for computer-aided design/manufacture of temporary restorations: Influence of mechanical treatment and chemical treatment with universal adhesives. *Korean J Orthod* 2019;49(6):404-12. doi: 10.4041/kjod.2019.49.6.404.
  11. Asiry MA, AlShahrani I, Alaqeel SM, Durgesh BH, Ramakrishnaiah R. Effect of two-step and one-step surface conditioning of glass ceramic on adhesion strength of orthodontic bracket and effect of thermo-cycling on adhesion strength. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2018;84:22-27. doi: 10.1016/j.jmbbm.2018.04.021. PMID: 29729577.
  12. Calvo, F., Murayama, N., Justus Doczi, R., Ondarza Robira, R., & García López, S. Comparative study of bond strength of tubes bonded to a resin

surface on the buccal aspect of molars using Empress Direct resin and Transbond XT resin: an ex vivo study. *Revista Mexicana de Ortodoncia*. 2017;5:140-710.1016/j.rmo.2017.12.002

13. Pinho MM, Manso MC, Martin C, Souza JCM, Almeida RF, Ferreira AP. Adhesion strength of orthodontic brackets to acrylic surfaces. A systematic review on in vitro studies. *Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentaria e Cirurgia Maxilofacial*. Sociedade Portuguesa de Estomatologia e Medicina Dentaria; 2017;58(2):65-70.
14. Asiry MA, AlShahrani I, Alaqeel SM, Durgesh BH, Ramakrishnaiah R. Effect of two-step and one-step surface conditioning of glass ceramic on adhesion strength of orthodontic bracket and effect of thermo-cycling on adhesion strength. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2018;84:22-27. doi: 10.1016/j.jmbbm.2018.04.021. PMID: 29729577.
15. Al Jabbari YS, Al Taweel SM, Al Rifaiy M, Alqahtani MQ, Koutsoukis T, Zinelis S. Effects of surface treatment and artificial aging on the shear bond strength of orthodontic brackets bonded to four different provisional restorations. *Angle Orthod*. 2014;84(4):649-55. doi: 10.2319/090313-649.1. PMID: 24446920
16. Shahin SY, Abu Showmi TH, Alzaghran SH, Albaqawi H, Alrashoudi L, Gad MM. Bond Strength of Orthodontic Brackets to Temporary Crowns: In Vitro Effects of Surface Treatment. *Int J Dent*. 2021;2021:9999933. doi: 10.1155/2021/9999933. PMID: 34257661
17. Pinho MM, Manso MC, Martin C, Souza JCM, Almeida RF, Ferreira AP. Adhesion strength of orthodontic brackets to acrylic surfaces. A systematic

review on in vitro studies. *Rev Port Estomatol Med Dent Cir Maxilofac.* 2017;58(2):65-70.

18. Zarif Najafi H, Moradi M, Torkan S. Effect of different surface treatment methods on the shear bond strength of orthodontic brackets to temporary crowns. *Int Orthod.* 2019;17(1):89-95. doi: 10.1016/j.ortho.2019.01.017. PMID: 30796001.
19. Farhadifard, H., Rezaei-Soufi, L., Farhadian, M. et al. Effect of different surface treatments on shear bond strength of ceramic brackets to old composite. *Biomater Res* 2020;24:20 <https://doi.org/10.1186/s40824-020-00199-y>
20. Biadsee A, Rosner O, Khalil C, Atanasova V, Blushtein J, Levartovsky S. Comparative evaluation of shear bond strength of orthodontic brackets bonded to three-dimensionally-printed and milled materials after surface treatment and artificial aging. *Korean J Orthod* 2023;25;53(1):45-53. doi: 10.4041/kjod22.098. PMID: 36597666.
21. Sales A, Rodrigues SJ, Mahesh M, Ginjupalli K, Shetty T, Pai UY, Saldanha S, Hegde P, Mukherjee S, Kamath V, Bajantri P, Srikant N, Kotian R. Effect of Different Surface Treatments on the Micro-Shear Bond Strength and Surface Characteristics of Zirconia: An In Vitro Study. *Int J Dent* 2022;14;2022doi: 10.1155/2022/1546802. PMID: 35464102;
22. Palesik B, Šileikytė K, Griškevičius J, Stonkus R, Šidlauskas A, Lopatienė K. Impact of temperature changes to the adhesion strength of molar tubes: an in vitro study. *BMC Oral Health.* 2022;22(1):115. doi: 10.1186/s12903-022-02144-y. PMID: 35395793

23. Mahmood OA, Mehdi MA, Rashid AY. , Evaluation of Shear Bond Strength of Metal Orthodontic Brackets to Composite Using Different Surface Conditioning Methods, J Res Med Dent Sci 2022;10(10): 239-45.

## VIII. TABLAS

**Tabla 1.** Resistencia al cizallamiento en los grupos experimentales

Grupos	Media	Desviación estándar	Fuerza		p	p	
			Mínimo	Máximo			
<b>Fresado</b>	Resina Orthocem (1)	2.68	0.74	1.68	3.62		
	Acrilico Duralay (2)	6.52	1.45	4.57	10.01	<0.001**	
	Resina Transbond XT (3)	4.28	1.33	2.50	6.82		<0.001*
<b>Arenado</b>	Resina Orthocem (4)	6.39	1.32	4.72	8.76		
	Acrilico Duralay (5)	4.20	1.30	2.72	8.17	<0.001*	
	Resina Transbond XT (6)	6.39	1.27	3.68	8.03		

\*Prueba de Kruskal Wallis

\*\*Prueba de Anova

El número entre paréntesis especifica el número del grupo.

**Tabla N 2.** Comparación de resistencia al cizallamiento de la resina fotopolimerizable Orthocem, resina acrílica Duralay y resina fotopolimerizable Transbond XT en superficies fresadas y arenadas.

Grupos		Fresado			Arenado		
		Resina Orthocem	Acricico Duralay	Resina Transbond XT	Resina Orthocem	Acricico Duralay	Resina Transbond XT
<b>Fresado</b>	Resina Orthocem	-	<0.001*	<0.001*	<0.001*	<0.001*	<0.001*
	Acricico Duralay	<0.001*	-	<0.001**	0.799*	<0.001*	0.779**
	Resina Transbond XT	<0.001*	<0.001**	-	<0.001*	0.904*	<0.001**
<b>Arenado</b>	Resina Orthocem	<0.001*	0.799*	<0.001*	-	<0.001*	1.000*
	Acricico Duralay	<0.001*	<0.001*	0.904*	<0.001*	-	<0.001*
	Resina Transbond XT	<0.001*	0.779**	<0.001**	1.000*	<0.001*	-

\*Prueba de U de Mann Whitney.

\*\*Prueba de T de Student.

## ANEXO 1

### Cuadro de operacionalización de variable

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	TIPO	ESCALA DE MEDICIÓN	CATEGORÍAS
Agentes cementantes	Material que pueden mantener unidas dos o más superficies	Material empleado para unir el bracket a la superficie de acrílico de termocurado	- Resina Transbond XT 3M -Resina Orthocem FGM -Duralay	Cualitativa	Nominal	- Resina de Fotocurado 3M™ Transbond™ XT -Resina fotopolimerizable -Resina acrílica
Resistencia adhesiva	Fuerza que causa que dos o más piezas contiguas se deslicen una en relación a la otra, en una dirección paralela a su plano de contacto	Resistencia a la tracción del bracket por fuerzas de cizallamiento	Máquina de ensayo Universal	Cuantitativa	De razón	Mpa
Tratamiento de superficie	Procedimiento que provee características determinadas a la superficie de un objeto	Modificación de la superficie para adhesión del bracket	Condición de la superficie	Cualitativa	Nominal	-Fresada -Arenada



## ANEXO 2

### Exoneración del Comité Institucional de Ética de la Universidad Peruana Cayetano Heredia



CAREG-ORVEI-024-017

Lima, 11 de abril del 2017

Señorita:  
**PONCE ARIAS, EVELYN GAZDALLY**  
Investigadora Principal  
Presente -

Estimada Investigadora:

Es grato dirigirme a usted para saludarlo y a la vez informarle que hemos recibido el Proyecto de Investigación Titulado: "Comparación de la resistencia a las fuerzas de cizallamiento de tres agentes cementantes en brackets metálicos sobre coronas de resina acrílica de termocurado arenadas y sin arenar. In Vitro" SIDISI 100685, el cual ha sido revisado y registrado en la Dirección Universitaria de Investigación, Ciencia y Tecnología de la Universidad Peruana Cayetano Heredia. De acuerdo al Manual de Procedimientos de nuestra universidad y por sus características, este proyecto no requiere evaluación por el Comité Institucional de Ética en Humanos o en Animales, pudiendo iniciar su ejecución.

Agradeceremos tenga a bien presentar su informe de cierre al concluir la ejecución de su proyecto.

Atentamente,

  
  
Dr. César Cárcamo,  
Jefe de la Oficina de Promoción  
de la Investigación

*lgn*

## ANEXO 3

### Técnicas y Procedimientos

Para el acondicionamiento y la cementación de brackets en las superficies de resina acrílica de termocurado se utilizó:

- Portaminas y minas de 0.5mm.
- Gel de ácido ortofosfórico al 37% Densell – etching gel de 12g
- Brackets metálicos EDGEWISE slot 0.022’’ (American Orthodontics 3524 Washington Ave, Sheboygan, WI 53081, EE. UU).
- Resina Orthocem, FGM, Joinville, Brasil
- Resina fotopolimerizable Transbond XT; 3M Unitek, Monrovia, California, USA.
- Resina acrílica autopolimerizable Duralay (Reliance Dental Mfg Co).
- Vaso dappen
- Espátula #31 Y #7
- Microarenador (Bio Art Jato. Brasil)
- Pinza portabacket (American Orthodontic)
- Posicionador de brackets dual, Morelli, cód. 75.01.006
- Explorador biactivo
- Lámpara Led Inalámbrica (Ti-Lite GT-1500 MONITEX)
- Cronómetro
- Micromotor de baja velocidad (NSK, Japan).
- Óxido de aluminio 50 micras para tratamiento de superficie Bio-Art (São Carlos – Brasil)
- Fresa cilíndrica de diamante de grano fino (MDT, Irsael).



Materiales e instrumental

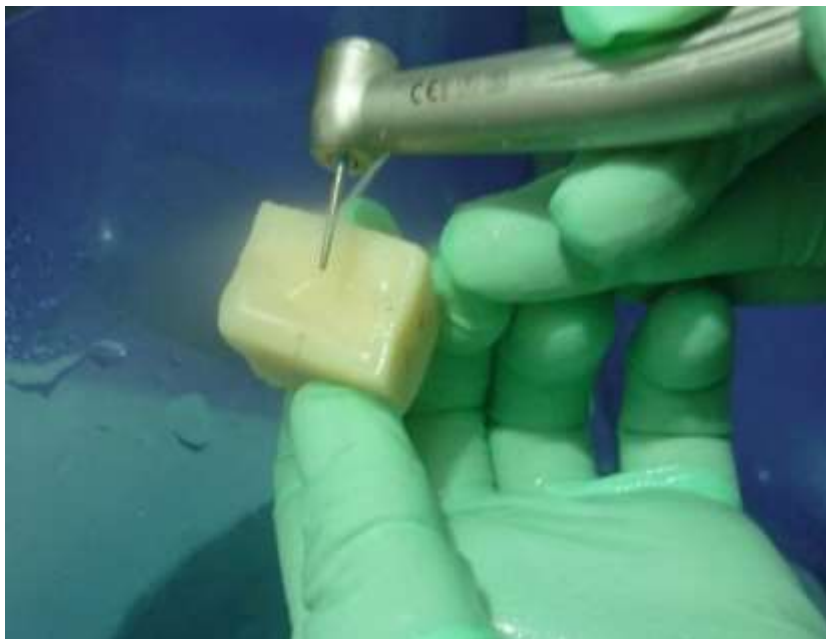


**Fig. 1** Trazo en el centro de la superficie de acrílico termocurado

*TRATAMIENTO DE SUPERFICIE*

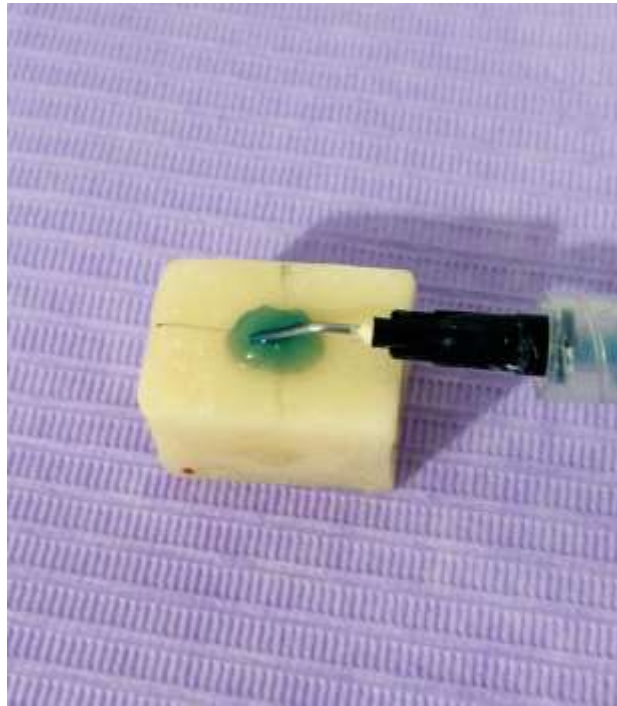


**Fig. 2** Superficie arenada con óxido aluminio 50  $\mu\text{m}$



**Fig. 3** Superficie fresada con Fresa diamantada

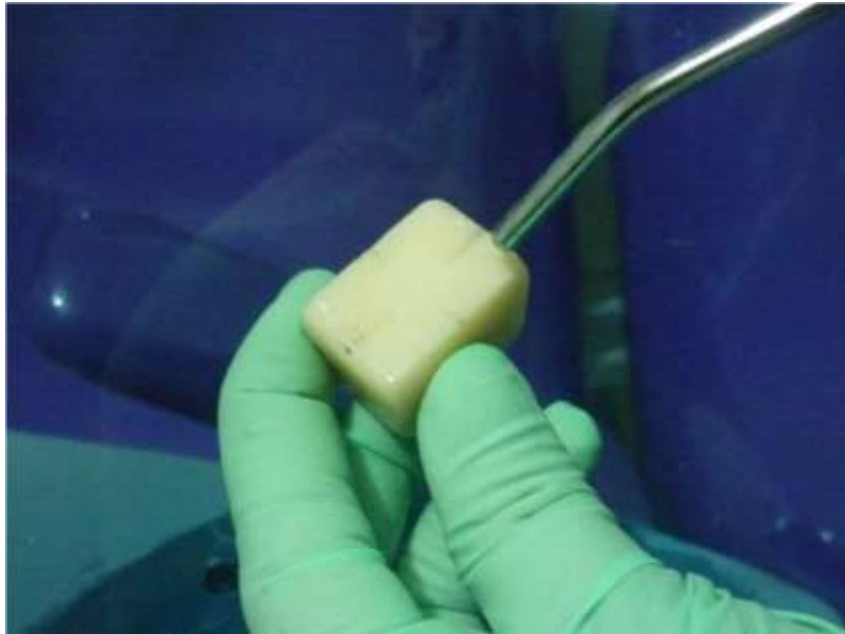
*ACONDICIONAMIENTO DE SUPERFICIE*



**Fig. 4** Grabado con ácido ortofosfórico al 37%, por 30 segundos



**Fig. 5** Lavado con agua destilada

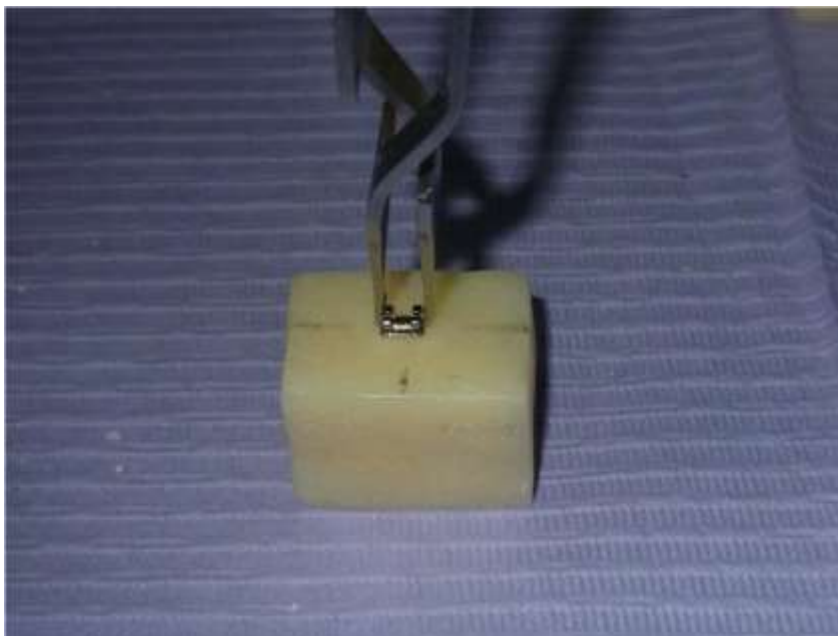


**Fig. 6** Secado por 30 segundos

*AGENTE CEMENTANTE ORTHOCEM*



**Fig. 7** Manipulación de una porción de resina fotopolimerizable Orthocem sobre el bracket EDGEWISE slot 0.022”.



**Fig. 8** Posicionamiento en el centro de la superficie



**Fig. 9** Retiro de excesos de resina



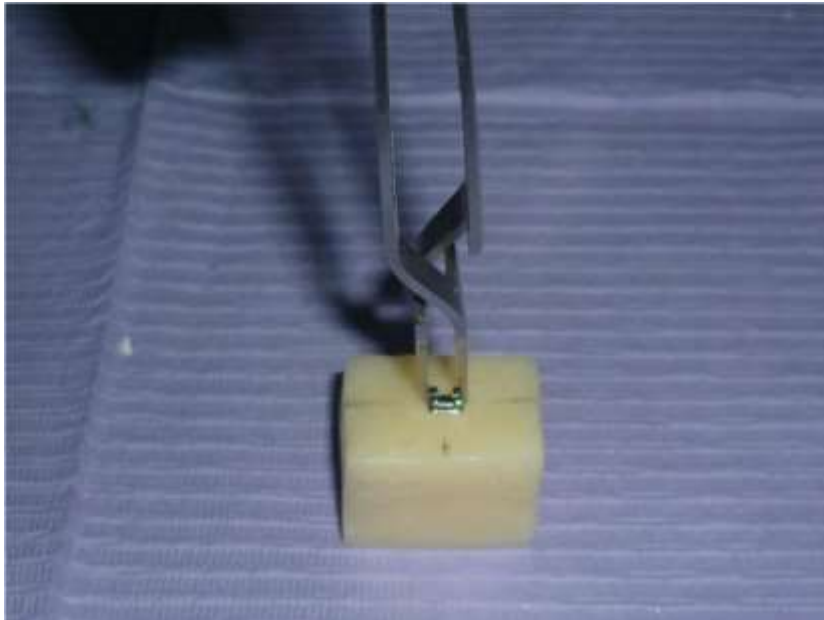
**Fig. 10** La duración de la incidencia de la luz fue de 20 segundos, 10 segundos por cada lado (mesial y distal).



*AGENTE CEMENTANTE ACRILICO DURALAY*



**Fig. 11** Mezcla porción polvo-líquido 3:1



**Fig. 12** Posicionamiento en el centro de la superficie, previa impregnación de monómero

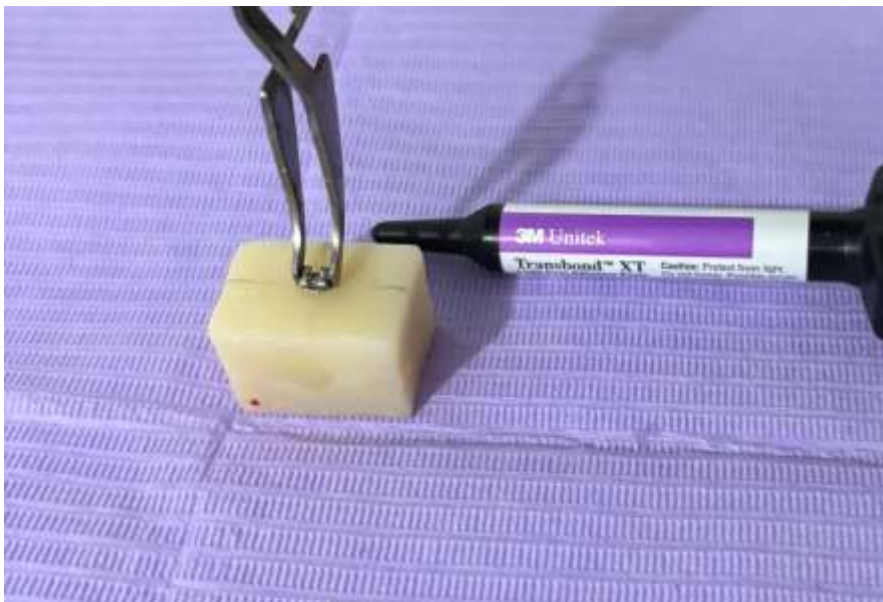


**Fig. 13** Retiro de excesos de Acrílico Duralay

*AGENTE CEMENTANTE RESINA TRANSBOND XT*



**Fig. 14** Manipulación de una porción de Resina Transbond XT sobre el bracket EDGEWISE slot 0.022''



**Fig. 15** Posicionamiento en el centro de la superficie, previa colocación de primer en la resina acrílica.



**Fig. 16** Retiro de excesos de resina



**Fig. 17** La duración de la incidencia de la luz fue de 20 segundos, 10 segundos por cada lado (mesial y distal).



**Fig. 18,19.** Muestra posicionada en máquina de ensayo universal para prueba de cizallamiento.

## ANEXO 4

### Ficha de recolección de Datos

<b>Tipo de superficie:</b>			
<b>Agente cementante:</b>			
<b>Grupo:</b>			
<b>Valores de ensayo de cizallamiento</b>			
<b>Muestra</b>	<b>Área (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Fuerza máxima (N)</b>	<b>Conversión MPa</b>
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			

## ANEXO 5

### Informe de ensayo de cizallamiento



- LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIALES.  
- LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES.

INFORME DE ENSAYO N°	IE-048-2018	EDICION N° 1	Página 1 de 7
<b>ENSAYO DE CORTE EN BRACKETS ADHERIDOS EN DIENTES</b>			
<b>TESIS</b>	"COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LAS FUERZAS DE CIZALLAMIENTO DE TRES AGENTES CEMENTANTES EN BRACKETS METÁLICOS SOBRE SUPERFICIES DE RESINA ACRÍLICA DE TERMOCURADO TRATADAS CON ÓXIDO DE ALUMINIO Y FRESA DIAMANTADA"		
<b>DATOS DEL SOLITANTE</b>			
<b>NOMBRE Y APELLIDOS</b>	Evelyn Gazdally Ponce Arias		
<b>DNI</b>			
<b>DIRECCIÓN</b>			
<b>DISTRITO</b>			
<b>EQUIPOS UTILIZADOS</b>			
<b>INSTRUMENTO</b>	Maquina digital de ensayos universales CMT- 5L		
<b>MARCA</b>	LG		
<b>APROXIMACIÓN</b>	0.001 N		
<b>INSTRUMENTÓ</b>	Vernier digital de 200mm		
<b>MARCA</b>	Mitutoyo		
<b>APROXIMACIÓN</b>	0.01mm		
<b>RECEPCIÓN DE MUESTRAS</b>			
<b>FECHA DE INGRESO</b>	14	Abril	2018
<b>LUGAR DE ENSAYO</b>			
<b>CANTIDAD</b>	6 Grupo		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	Muestras de Brackets adheridos en dientes		
<b>IDENTIFICACIÓN</b>	Grupo 1	FR	
	Grupo 2	FA	
	Grupo 3	FT	
	Grupo 4	AA	
	Grupo 5	AR	
	Grupo 6	AT	
<b>REPORTE DE RESULTADOS</b>			
<b>FECHA DE EMISION DE INFORME</b>	23	Abril	2018

INFORME DE ENSAYO N°		IE-048-2018	EDICION N° 1	Página 2 de 7
RESULTADOS GENERADOS		FR		
GRUPO 1		FR		
Espécimen	Área (mm <sup>2</sup> )	Fuerza máxima (N)	Esfuerzo Máximo (Mpa)	Observaciones
1	12.61	45.1	3.58	Desprendimiento del bracket
2	12.61	40.58	3.22	Desprendimiento del bracket
3	12.61	45.69	3.62	Desprendimiento del bracket
4	12.61	41.03	3.25	Desprendimiento del bracket
5	12.61	43.56	3.45	Desprendimiento del bracket
6	12.61	28.39	2.25	Desprendimiento del bracket
7	12.61	21.21	1.68	Desprendimiento del bracket
8	12.61	44.92	3.56	Desprendimiento del bracket
9	12.61	38.8	3.08	Desprendimiento del bracket
10	12.61	23.54	1.87	Desprendimiento del bracket
11	12.61	28.85	2.29	Desprendimiento del bracket
12	12.61	22.3	1.77	Desprendimiento del bracket
13	12.61	22.96	1.82	Desprendimiento del bracket
14	12.61	43.42	3.44	Desprendimiento del bracket
15	12.61	25.76	2.04	Desprendimiento del bracket
16	12.61	23.18	1.84	Desprendimiento del bracket
17	12.61	26.69	2.12	Desprendimiento del bracket
18	12.61	29.35	2.33	Desprendimiento del bracket
19	12.61	36.06	2.86	Desprendimiento del bracket
20	12.61	44.84	3.56	Desprendimiento del bracket




INFORME DE ENSAYO N°		IE-048-2018	EDICION N° 1	Página 3 de 7
RESULTADOS GENERADOS				
GRUPO 2				
FA				
Espécimen	Área (mm <sup>2</sup> )	Fuerza máxima (N)	Esfuerzo Máximo (Mpa)	Observaciones
1	12.61	81.69	6.48	Desprendimiento del bracket
2	12.61	113.46	9.00	Desprendimiento del bracket
3	12.61	106.92	8.48	Desprendimiento del bracket
4	12.61	68.15	5.40	Desprendimiento del bracket
5	12.61	72.99	5.79	Desprendimiento del bracket
6	12.61	57.68	4.57	Desprendimiento del bracket
7	12.61	85.14	6.75	Desprendimiento del bracket
8	12.61	59.83	4.74	Desprendimiento del bracket
9	12.61	73.36	5.82	Desprendimiento del bracket
10	12.61	71.94	5.70	Desprendimiento del bracket
11	12.61	76.81	6.09	Desprendimiento del bracket
12	12.61	70.1	5.56	Desprendimiento del bracket
13	12.61	77.28	6.13	Desprendimiento del bracket
14	12.61	87.01	6.90	Desprendimiento del bracket
15	12.61	64.96	5.15	Desprendimiento del bracket
16	12.61	66.71	5.29	Desprendimiento del bracket
17	12.61	126.22	10.01	Desprendimiento del bracket
18	12.61	92.8	7.36	Desprendimiento del bracket
19	12.61	92.85	7.36	Desprendimiento del bracket
20	12.61	97.19	7.71	Desprendimiento del bracket

INFORME DE ENSAYO N°		IE-048-2018	EDICION N° 1	Página 4 de 7
RESULTADOS GENERADOS				
GRUPO 3		FT		
Espécimen	Área (mm <sup>2</sup> )	Fuerza máxima (N)	Esfuerzo Máximo (Mpa)	Observaciones
1	12.61	65.68	5.21	Desprendimiento del bracket
2	12.61	57.21	4.54	Desprendimiento del bracket
3	12.61	40.45	3.21	Desprendimiento del bracket
4	12.61	33.29	2.64	Desprendimiento del bracket
5	12.61	56.5	4.48	Desprendimiento del bracket
6	12.61	60.15	4.77	Desprendimiento del bracket
7	12.61	53.63	4.25	Desprendimiento del bracket
8	12.61	41.01	3.25	Desprendimiento del bracket
9	12.61	73.14	5.80	Desprendimiento del bracket
10	12.61	43.31	3.43	Desprendimiento del bracket
11	12.61	57.56	4.56	Desprendimiento del bracket
12	12.61	39.3	3.12	Desprendimiento del bracket
13	12.61	49.48	3.92	Desprendimiento del bracket
14	12.61	40.4	3.20	Desprendimiento del bracket
15	12.61	31.47	2.50	Desprendimiento del bracket
16	12.61	42.08	3.34	Desprendimiento del bracket
17	12.61	43.2	3.43	Desprendimiento del bracket
18	12.61	79.56	6.31	Desprendimiento del bracket
19	12.61	85.99	6.82	Desprendimiento del bracket
20	12.61	86.06	6.82	Desprendimiento del bracket

INFORME DE ENSAYO N°		IE-048-2018	EDICION N° 1	Página 5 de 7
RESULTADOS GENERADOS		AA		
GRUPO 4		AA		
Espécimen	Área (mm <sup>2</sup> )	Fuerza máxima (N)	Esfuerzo Máximo (Mpa)	Observaciones
1	12.61	110.5	8.76	Desprendimiento del bracket
2	12.61	100.43	7.96	Desprendimiento del bracket
3	12.61	80.25	6.36	Desprendimiento del bracket
4	12.61	72.69	5.76	Desprendimiento del bracket
5	12.61	66.86	5.30	Desprendimiento del bracket
6	12.61	93.18	7.39	Desprendimiento del bracket
7	12.61	86.05	6.82	Desprendimiento del bracket
8	12.61	68.44	5.43	Desprendimiento del bracket
9	12.61	104.18	8.26	Desprendimiento del bracket
10	12.61	100.92	8.00	Desprendimiento del bracket
11	12.61	59.53	4.72	Desprendimiento del bracket
12	12.61	67.92	5.39	Desprendimiento del bracket
13	12.61	86.76	6.88	Desprendimiento del bracket
14	12.61	88.62	7.03	Desprendimiento del bracket
15	12.61	68.96	5.47	Desprendimiento del bracket
16	12.61	68.2	5.41	Desprendimiento del bracket
17	12.61	62.72	4.97	Desprendimiento del bracket
18	12.61	61.05	4.84	Desprendimiento del bracket
19	12.61	100.98	8.01	Desprendimiento del bracket
20	12.61	63.23	5.01	Desprendimiento del bracket

INFORME DE ENSAYO N°		IE-048-2018	EDICION N° 1	Página 6 de 7
RESULTADOS GENERADOS				
GRUPO 5		AR		
Espécimen	Área (mm <sup>2</sup> )	Fuerza máxima (N)	Esfuerzo Máximo (Mpa)	Observaciones
1	12.61	38.06	3.02	Desprendimiento del bracket
2	12.61	66.84	5.30	Desprendimiento del bracket
3	12.61	45.84	3.64	Desprendimiento del bracket
4	12.61	42.25	3.35	Desprendimiento del bracket
5	12.61	41.97	3.33	Desprendimiento del bracket
6	12.61	39.2	3.11	Desprendimiento del bracket
7	12.61	72.55	5.75	Desprendimiento del bracket
8	12.61	72.87	5.78	Desprendimiento del bracket
9	12.61	45.56	3.61	Desprendimiento del bracket
10	12.61	58.86	4.67	Desprendimiento del bracket
11	12.61	44.52	3.53	Desprendimiento del bracket
12	12.61	53.13	4.21	Desprendimiento del bracket
13	12.61	53.31	4.23	Desprendimiento del bracket
14	12.61	42.91	3.40	Desprendimiento del bracket
15	12.61	34.31	2.72	Desprendimiento del bracket
16	12.61	45.71	3.62	Desprendimiento del bracket
17	12.61	52.77	4.18	Desprendimiento del bracket
18	12.61	65.01	5.16	Desprendimiento del bracket
19	12.61	103.01	8.17	Desprendimiento del bracket
20	12.61	41.31	3.28	Desprendimiento del bracket

INFORME DE ENSAYO N°		IE-048-2018	EDICION N° 1	Página 7 de 7
RESULTADOS GENERADOS				
GRUPO 6		AT		
Espécimen	Área (mm <sup>2</sup> )	Fuerza máxima (N)	Esfuerzo Máximo (Mpa)	Observaciones
1	12.61	85.45	6.78	Desprendimiento del bracket
2	12.61	60.66	4.81	Desprendimiento del bracket
3	12.61	58.22	4.62	Desprendimiento del bracket
4	12.61	68.4	5.42	Desprendimiento del bracket
5	12.61	100.57	7.98	Desprendimiento del bracket
6	12.61	46.4	3.68	Desprendimiento del bracket
7	12.61	75.46	5.98	Desprendimiento del bracket
8	12.61	61.4	4.87	Desprendimiento del bracket
9	12.61	90.87	7.21	Desprendimiento del bracket
10	12.61	70.14	5.56	Desprendimiento del bracket
11	12.61	78.53	6.23	Desprendimiento del bracket
12	12.61	98.79	7.83	Desprendimiento del bracket
13	12.61	79.54	6.31	Desprendimiento del bracket
14	12.61	101.3	8.03	Desprendimiento del bracket
15	12.61	79.85	6.33	Desprendimiento del bracket
16	12.61	99.53	7.89	Desprendimiento del bracket
17	12.61	84.01	6.66	Desprendimiento del bracket
18	12.61	94.75	7.51	Desprendimiento del bracket
19	12.61	80.71	6.40	Desprendimiento del bracket
20	12.61	97.78	7.75	Desprendimiento del bracket
CONDICIONES AMBIENTALES		TEMPERATURA : 24 °C HUMEDAD RELATIVA : 70 %		
VALIDEZ DE INFORME		VÁLIDO SOLO PARA LA MUESTRA Y CONDICIONES INDICADAS EN EL INFORME		
ROBERT NICK EUSEBIO TEHERAN				
ING. MECANICO				
LABORATORIO HTL CERTIFICATE				