



**Universidad Autónoma del Estado de México  
Facultad de Odontología**

**Centro de Investigación y Estudios Avanzados en  
Odontología “Dr. Keisaburo Miyata”**

**“Resistencia al descementado de brackets cerámicos  
en el esmalte acondicionado con láser CO<sub>2</sub>, técnica  
convencional y combinada”**

**TESIS**

**Que para obtener el Grado de  
Maestro en Ciencias Odontológicas**

**Presenta:**

**C.D. Josué Arturo Colín Ocampo**

**Director:**

**Dr. en O. Rogelio J. Scougall Vilchis**

**Co-Directora**

**Dra. en C.S Laura Emma Rodríguez Vilchis**



**Toluca, Estado de México, noviembre 2024**

# Índice

Resumen .....	3
1.- Antecedentes .....	4
1.1 Brackets estéticos .....	4
1.2 Esmalte dental .....	5
1.4 Acondicionamiento del esmalte.....	7
1.4.1 Láser CO <sub>2</sub> .....	7
1.4.2 Técnica convencional.....	8
1.5 Adhesión al esmalte.....	9
1.7 Fuerza de adhesión .....	10
1.8 Índice adhesivo remanente .....	11
2.- Planteamiento del problema.....	12
3.- Justificación.....	13
4.- Hipótesis .....	14
5.- Objetivos .....	15
6.- Materiales y Métodos .....	16
6.1 Diseño de estudio .....	16
6.2 Universo.....	16
6.3 Muestra .....	16
6.4 Criterios: inclusión, exclusión y eliminación .....	16
6.5 Variables .....	17
6.6 Procedimiento .....	18
6.7 Consideraciones bioéticas .....	23
6.8 Análisis estadístico.....	25
7.- Resultados .....	26
8.- Discusión.....	27
9.- Conclusiones.....	30
10.- Referencias .....	31
11.- Anexos .....	35

11.1 Anexo 1..... 35  
11.3 Anexo 2..... 38  
11.4 Anexo 3..... 40

## Resumen

**Introducción:** El acondicionamiento del esmalte con láser CO<sub>2</sub> ha mostrado ser una técnica prometedora para el acondicionamiento del esmalte, con la ventaja de una mayor precisión y una menor invasión del tejido dental, además puede ofrecer una fuerza de unión adecuada con menor riesgo de daño al esmalte, sin embargo, la literatura existente es insuficiente para validar la eficacia de la adecuada adhesión de los brackets cerámicos.

**Objetivo:** Determinar resistencia al descementado de brackets cerámicos en el esmalte acondicionado con láser CO<sub>2</sub>, técnica convencional y combinada.

**Métodología:** Estudio experimental in vitro, cuya muestra no probabilística incluyó 120 premolares humanos divididos aleatoriamente en cuatro grupos. GI (láser CO<sub>2</sub>, 0.5 W, 8s), GII (ácido ortofosfórico 37%, 15s). En el grupo GIII y GIV se aplicó ácido ortofosfórico al 37 % durante 8 segundos y dentro de ese rango de tiempo se combinó con láser usando las siguientes configuraciones: GIII (láser CO<sub>2</sub>, 0.5W, 5s) y GIV (láser CO<sub>2</sub>, 3W, 5s), (Láser CO<sub>2</sub> YOSHIDA Opelaser PRO). Los brackets cerámicos Clarity Advance (3M) fueron cementados con resina Transbond Plus Color Change (3M). Los dientes se fijaron en resina acrílica, se incubaron durante 24 hrs. en agua a 37°C, se llevaron a la máquina de ensayos (EZ Graph, Shimadzu, Kioto, Japón) y posteriormente se obtuvo el índice ARI. El análisis estadístico se efectuó mediante la prueba de U de Mann-Whitney con un nivel de significancia de  $p < 0.05$ .

**Resultados:** El grupo III mostró un valor medio de  $10.59 \pm 5.66$  MPa, presentando diferencias significativas respecto a los Grupos II y I. Obteniendo el menor índice ARI. El Grupo IV difirió con todos los grupos. El grupo III mantuvo estable la adhesión inicial y facilitó la remoción de brackets sin dejar residuos considerables.

**Conclusión:** La combinación de ácido ortofosfórico con irradiación láser CO<sub>2</sub> del grupo III puede ser ideal para el cementado de los brackets cerámicos.

**Palabras clave:** Láser CO<sub>2</sub>, Brackets cerámicos, Ácido ortofosfórico

## 1.- Antecedentes

### 1.1 Brackets estéticos

Entre los brackets estéticos se encuentran los de cerámica, fabricados a partir de materiales monocristalinos o policristalinos, introducidos al mercado en la década de los 80. Estos cumplen tanto con las funciones necesarias como con las demandas estéticas de los pacientes. El material cerámico es inerte y no establece una adhesión química directa con el adhesivo. Por lo tanto, la unión se logra mediante tres mecanismos de retención distintos: uno químico (silano), otro mecánico (muescas, diseño en cola de milano) y una combinación de ambos.<sup>1</sup>

A pesar de su resistencia a la decoloración y durabilidad, han surgido inconvenientes en su uso clínico en ortodoncia, como fracturas del esmalte y del propio bracket, situaciones típicas durante su remoción convencional. Esto se debe a la alta fuerza de unión junto con la baja tenacidad a la fractura que caracteriza a la cerámica. Este tipo de daño puede ser irreversible, afectando tanto la estética como la funcionalidad del esmalte y requiriendo, en algunos casos, restauraciones costosas. Además, la fractura del bracket puede impedir su reutilización y conllevar riesgos graves, como lesiones oculares, ingestión accidental o aspiración de fragmentos.<sup>1,2</sup>

Para minimizar estos daños, se han propuesto varios métodos de remoción, entre los que se incluyen el uso de herramientas ultrasónicas, dispositivos electrotérmicos y láseres. El método electrotérmico, que emplea altas temperaturas para ablandar la resina adhesiva, ha sido cuestionado debido a reportes de daño pulpar en algunos casos. En contraste, los láseres han mostrado buenos resultados, ya que la interacción fototérmica permite un ablandamiento eficiente de la resina, facilitando su remoción. Diferentes longitudes de onda láser han sido probadas experimentalmente, logrando reducir la fuerza de extracción, minimizar el daño al esmalte y reducir las fracturas de los brackets. Entre los tipos de láseres, el láser de CO<sub>2</sub> es considerado el más adecuado por muchos investigadores, dado su alta

absorción en la superficie de la cerámica, lo que mejora el ablandamiento de la resina adhesiva y facilita la extracción del bracket.<sup>1-4</sup>

## **1.2 Esmalte dental**

El esmalte, que cubre la parte exterior de la corona dental, es la estructura calcificada más resistente en el cuerpo humano. Esta notable dureza proviene de su composición, conformada por millones de prismas altamente mineralizados, dispuestos de manera radial desde el límite entre el esmalte y la dentina hasta la superficie externa. El esmalte está constituido en un 95 % por material inorgánico, 4 % por material orgánico y 1 % de agua. Es acelular, avascular y de color translúcido, con prismas mineralizados que cubren toda su superficie, lo que contribuye a su notable dureza.<sup>5</sup>

El desarrollo del esmalte proviene del ectodermo y comienza entre el tercer y cuarto mes de vida intrauterina. Su célula formadora principal es el ameloblasto, y el proceso de formación se denomina amelogénesis, que suele dividirse en varias etapas consecutivas:

- Pre-secretora: se produce la secreción para formar la matriz.
- Secretora: se inicia la mineralización.
- Transición: los ameloblastos evolucionan a una fase de maduración.
- Maduración: los ameloblastos eliminan proteínas y depositan minerales.
- Protectora: los ameloblastos cubren el esmalte hasta que el diente erupciona en la cavidad oral.

El proceso comienza con la fase pre-secretora, seguida por la etapa secretora, después de la cual ocurre una transición breve hacia la fase de maduración. Finalmente, los ameloblastos sufren apoptosis y el diente emerge en la cavidad oral. Posteriormente, los ameloblastos adquieren la morfología característica de la etapa secretora, en la cual presentan un proceso celular oblicuo llamado proceso de Tomes.<sup>6</sup>

La matriz del esmalte mineralizado se secreta en la interfaz con la dentina, formando la unión dentina-esmalte (DEJ), que es una conexión entre dos materiales mineralizados con distintas propiedades y mecanismos de formación. La deposición de la matriz de esmalte ocurre en un ritmo circadiano, generando incrementos diarios durante la fase secretora hasta que se alcanza el grosor completo del esmalte, momento en el cual los ameloblastos se diferencian aún más.<sup>6</sup>

Durante esta fase, el esmalte es aun blando debido a su alto contenido de proteínas y tiene una textura similar al queso, lo que facilita la recolección de muestras mediante raspado. Posteriormente, los ameloblastos modifican su forma, y el proceso de Tomes desaparece. Este proceso es fundamental para la deposición de la matriz anisotrópica que genera haces de cristalitos de esmalte (varillas). Los ameloblastos adoptan una alternancia cíclica en sus morfologías, oscilando entre extremos lisos y festoneados. Estas variaciones morfológicas son características de la etapa de maduración, en la cual se observan fluctuaciones en el pH de la matriz y en el transporte de iones, acompañando el crecimiento sustancial de los cristales.<sup>6,7</sup>

### **1.3 Historia del grabado ácido**

En la 32ª Reunión Anual de la Asociación Internacional para la Investigación Dental de 1954, Buonocore propuso el uso de una solución de ácido fosfórico al 85 %, observando que esta técnica lograba una adhesión de la resina acrílica al esmalte que duraba 1070 horas antes de desprenderse tras ser almacenada en agua. En 1955, llevó a cabo diversos estudios que le permitieron inicialmente sugerir que un minuto de exposición al ácido fosfórico al 85 % era suficiente para lograr un buen grabado en la superficie del esmalte. Con el tiempo, investigaciones adicionales mostraron que, reduciendo la concentración del ácido y el tiempo de exposición, se lograba una topografía de grabado óptima.<sup>8</sup>

El propósito del grabado ácido en el esmalte es transformar su superficie para hacerla más adecuada para la adhesión de las resinas dentales. Esto se logra

mediante la modificación del interior de los prismas, mientras se preserva su estructura periférica, en condiciones de un pH menor a 0.5. Además de crear irregularidades en la superficie del esmalte, el ácido fosfórico elimina contaminantes superficiales, aumentando así la energía superficial y el área de contacto, lo que mejora la adhesión.<sup>9,10</sup>

## **1.4 Acondicionamiento del esmalte**

### **1.4.1 Láser CO<sub>2</sub>**

Hace tres décadas, comenzó a utilizarse el láser de CO<sub>2</sub> como una opción terapéutica en diversas enfermedades de la cavidad oral. Este láser puede liberar energía en dos modos distintos: de manera continua o en pulsos interrumpidos. Durante el proceso, el dióxido de carbono genera la luz láser, mientras que el nitrógeno optimiza su eficacia al excitar el CO<sub>2</sub>, incrementando la intensidad de su emisión. El helio, por su parte, ayuda a que el CO<sub>2</sub> retorne a su estado inicial y favorece la transferencia de calor.<sup>11</sup>

El efecto del láser de CO<sub>2</sub> sobre los tejidos se debe principalmente al calor generado, que puede provocar desde un leve aumento de temperatura hasta la carbonización, fusión o vaporización del material irradiado. La interacción con los tejidos ocurre en dos etapas. Primero, la energía de luz se convierte en vibración molecular en las moléculas que absorben la radiación; en la segunda etapa, esta vibración se transforma en energía de traslación, generando un aumento localizado en la temperatura que conduce a la descomposición química.<sup>11,12</sup>

Estudios han comprobado la efectividad del láser en reducir la adhesión de brackets cerámicos, aunque pocos han analizado su capacidad para minimizar el daño al esmalte, y los métodos en dichos estudios han sido limitados en precisión. Por ejemplo, Hayakawa utilizó imágenes SEM para observar una ligera rugosidad y pérdida de esmalte tras la remoción de brackets cerámicos con el láser Nd.<sup>13</sup> El láser de CO<sub>2</sub> ha demostrado ser capaz de alterar las propiedades del esmalte de una manera similar al ácido ortofosfórico tradicional.<sup>11</sup>



Desde los estudios iniciales de Laurence J. en 1994, que mostraron que el láser puede generar irregularidades superficiales que facilitan la adhesión de materiales como los brackets cerámicos, hasta investigaciones más recientes como las de Akihiko, que examinaron el láser de CO2 para el grabado del esmalte y la remoción de brackets, se han definido parámetros clave para controlar la temperatura y proteger la pulpa dental.<sup>14,15</sup>

Estudios posteriores, como los de Ozert T. en 2008 y Bhandari P. en 2019, han comparado el uso del láser con métodos convencionales, como el ácido ortofosfórico y el autograbado, concluyendo que el láser puede ofrecer una adhesión adecuada con menor riesgo de dañar el esmalte y la pulpa. En 2022, Labunet A. profundizó en el potencial del láser para preparar la superficie del esmalte, mostrando que puede generar una superficie óptima para la adhesión, reducir el riesgo de caries y mejorar la efectividad en tratamientos ortodóncicos.<sup>16</sup>

Estos desarrollos posicionan al láser como una alternativa válida en odontología, aportando ventajas como una mejor adhesión y mayor seguridad en los procedimientos, lo cual destaca la relevancia continua de la investigación y el avance tecnológico para mejorar los resultados clínicos y la experiencia del paciente.<sup>16,17</sup>

#### **1.4.2 Técnica convencional**

En la actualidad, el ácido ortofosfórico al 37 % se emplea como estándar para grabar el esmalte en ortodoncia, dado que aumenta la superficie para la adhesión de manera eficaz. Este tratamiento químico mediante grabado ácido modifica la topografía del esmalte, transformándolo de una superficie con baja reactividad a una más receptiva a la adhesión. La desmineralización que se produce es selectiva debido a la disposición estructural de los prismas, lo cual permite que el ácido tenga un mayor efecto de desmineralización en ciertas microrregiones.<sup>10</sup>

En el área de operatoria dental, tras realizar la instrumentación cavitaria, la desmineralización varía según la orientación de los prismas, afectando mayormente la cabeza o la periferia del prisma. Estos patrones de grabado ácido se conocen como tipo I y tipo II, respectivamente. Aunque estos conceptos son fundamentales para comprender los mecanismos de adhesión, no tienen una relevancia directa en la práctica clínica.<sup>5,18</sup>

Un aspecto negativo del grabado ácido es que elimina cerca de 10  $\mu\text{m}$  de la superficie del esmalte y crea una capa porosa con una profundidad de entre 5  $\mu\text{m}$  y 50  $\mu\text{m}$ . La energía superficial libre se duplica, permitiendo que la resina fluida de baja viscosidad penetre en estas microporosidades creadas durante el acondicionamiento mediante capilaridad. Tras una adecuada polimerización, esta penetración proporciona una unión fuerte y duradera.<sup>19</sup>

### **1.5 Adhesión al esmalte**

El término "adhesión" se origina del latín "Adhaesio, adhaesionis", que significa adherencia o unión entre dos superficies. La "fuerza de adhesión" describe la atracción entre moléculas de sustancias distintas, mientras que las moléculas de una misma sustancia se unen mediante "fuerzas de cohesión". La adhesión implica la interacción de fuerzas interatómicas o intermoleculares de tipo químico, que son intensas y dependen del intercambio de electrones en las capas externas de los átomos.<sup>20</sup>

Los adhesivos de nueva generación en ortodoncia aparecieron alrededor de 1970, permitiendo eliminar el uso de bandas en cada diente al introducir un adhesivo que se adhiere mecánicamente a las irregularidades del esmalte tras grabado con ácido fosfórico. En ortodoncia, la adhesión es el resultado de múltiples interacciones que unen el esmalte con la base del bracket, un paso crucial para un tratamiento efectivo. Actualmente, el esmalte se acondiciona previamente con ácido grabador y adhesivo antes de fijar los aditamentos ortodóncicos.<sup>20,21</sup>

Reducir errores en la fase inicial de adhesión trae beneficios como mayor eficacia, reducción en el tiempo de tratamiento y mejores resultados. Aunque los adhesivos han evolucionado durante más de 50 años, el desafío de la "contaminación por saliva" persiste. En respuesta, se han desarrollado materiales hidrofílicos que permiten mejorar la adhesión química y micromecánica entre el esmalte y los brackets.<sup>22,23,26</sup>

Un adhesivo dental debe tener las siguientes propiedades:

1. Capacidad para reaccionar químicamente con el calcio y el colágeno, adhiriéndose a los tejidos duros del diente.
2. Tensión superficial adecuada para mojar la superficie y permitir la formación de micro retenciones.
3. Baja viscosidad para facilitar su penetración en las porosidades del esmalte.
4. Tiempo de polimerización breve y mínimos cambios dimensionales.
5. Fuerza adhesiva suficiente para prevenir la fractura cohesiva.
6. Resistencia rápida para soportar los movimientos dentales.
7. Flexibilidad y elasticidad para resistir la distorsión continua.
8. Baja solubilidad en saliva y sangre.
9. Propiedades antimicrobianas para eliminar microorganismos residuales.
10. Flúor en su composición para prevenir caries.
11. Compatibilidad con materiales y estructuras dentales.
12. Fácil manejo y aplicación.

### **1.7 Fuerza de adhesión**

El desprendimiento de un bracket representa un desafío para el ortodoncista y puede ocurrir debido a la aplicación de fuerzas no deseadas como la cizalla o la torsión, causadas por el paciente, una técnica de adhesión inadecuada o una contaminación en el área de trabajo. Además, influyen factores como el tipo y

duración del acondicionamiento del esmalte y las propiedades de la base del bracket. Es esencial identificar en qué nivel ocurre este fallo adhesivo, ya que esto permite determinar si es necesario mejorar la resistencia adhesiva en un nivel específico o la resistencia cohesiva de la resina.<sup>24-26</sup>

### **1.8 Índice adhesivo remanente**

El índice de ARI (Índice Adhesivo Remanente) es el sistema más común en ortodoncia para evaluar la cantidad de adhesivo que permanece en la superficie vestibular del diente tras el desprendimiento de un bracket. A lo largo del tiempo, diversos investigadores han intentado ajustar los criterios de evaluación para hacerlo más preciso, pero la nomenclatura original ha persistido debido a su simplicidad. Es fundamental evaluar el porcentaje de resina que queda adherida a la superficie del esmalte después del tratamiento ortodóncico, ya que los restos de resina pueden facilitar el depósito de placa bacteriana, así como provocar pigmentaciones y caries dental.<sup>23</sup>

## 2.- Planteamiento del problema

La búsqueda de métodos efectivos para la adhesión de aparatos ortodóncicos ha sido un desafío constante en la odontología. Garantizar un tratamiento óptimo y eficaz implica encontrar técnicas de acondicionamiento del esmalte que mejoren la adhesión de los brackets cerámicos sin comprometer la integridad del esmalte dental. Actualmente, el ácido ortofosfórico al 37% se considera el estándar para el grabado del esmalte debido a su capacidad para aumentar la superficie de adherencia.

Sin embargo, su uso en el cementado de brackets cerámicos ha mostrado un alto índice de fractura en la superficie dental. Esto se debe a la naturaleza traslúcida, que permite el paso de luz y aumenta la resistencia al descementado. Por otra parte, el láser CO<sub>2</sub> ha emergido como una técnica alternativa para el acondicionamiento del esmalte, ofreciendo mayor precisión y menor invasión del tejido dental, pese a esas propiedades no ha sido posible garantizar su eficacia para garantizar una adhesión óptima.<sup>27,28</sup> Además las técnicas pueden no ser completamente efectivas por sí solas para asegurar una adhesión óptima sin complicaciones como fractura del esmalte o de los bracket.

Combinar estratégicamente ácido ortofosfórico con láser CO<sub>2</sub> puede tener el potencial de mitigar estas desventajas y optimizar el acondicionamiento del esmalte, asegurando una adhesión efectiva de los brackets cerámicos sin comprometer la estructura dental ni la calidad del tratamiento ortodóncico.

Por lo que con el presente trabajo se pretende responder a la siguiente pregunta:

### 2.1 Pregunta de investigación

¿Cuál es la resistencia al descementado de los brackets cerámicos en el esmalte acondicionado con láser CO<sub>2</sub>, técnica convencional y combinada?

### 3.- Justificación

La adhesión efectiva de aditamentos ortodóncicos juega un papel crucial en la estabilidad y el éxito del tratamiento. Garantizar que los brackets y otros dispositivos permanezcan firmemente adheridos es fundamental para el control de movimientos dentales. Conjuntamente al retirar la aparatología, es importante preservar la integridad del esmalte dental, evitando fracturas o lesiones incipientes de caries. El desarrollo de la odontología adhesiva inició en 1955 con Michael Buonocore, quien introdujo el concepto de grabado ácido para mejorar la adhesión al esmalte. Hoy en día el ácido fosfórico al 37% se estableció como el estándar de oro para el cementado de brackets, aunque su uso conlleva desafíos como la desmineralización del esmalte y el incremento en la susceptibilidad a la formación de caries post-tratamiento ortodóncico.

Por otro lado, desde la primera aplicación del láser CO<sub>2</sub> a los tejidos dentales en los años 90 ha evolucionado como una alternativa prometedora para el acondicionamiento del esmalte. Estudios han sugerido que el láser CO<sub>2</sub> puede alterar los cristales de hidroxiapatita, mejorando la resistencia a la desmineralización, aunque su aplicación incorrecta puede resultar en reacciones pulpares no deseadas.<sup>23,29</sup> El presente proyecto de investigación se enfoca en explorar la combinación del láser de CO<sub>2</sub> con ácido ortofosfórico al 37% para el acondicionamiento del esmalte dental. Se busca demostrar que esta sinergia puede preparar la superficie del esmalte de manera efectiva y resistente a las fuerzas oclusales necesarias para la cementación de brackets cerámicos, mitigando los inconvenientes inherentes a cada técnica cuando se utilizan por separado.

Los resultados esperados de esta investigación proporcionarán información para optimizar el proceso de adhesión en ortodoncia, permitiendo un tratamiento más eficiente y seguro. Además, se espera que esta metodología reduzca el daño potencial a la superficie dental durante la remoción de la aparatología, mejorando así la experiencia del paciente y los resultados a largo plazo de los tratamientos ortodóncicos.

#### **4.- Hipótesis**

H<sub>1</sub>: La combinación de ácido ortofosfórico al 37% y láser de CO<sub>2</sub> para el acondicionamiento del esmalte dental permite obtener una superficie apta para la cementación de brackets cerámicos, sin aumentar la resistencia al descementado.

H<sub>0</sub>: La combinación de ácido ortofosfórico al 37% y láser de CO<sub>2</sub> para el acondicionamiento del esmalte dental no permite obtener una superficie apta para la cementación de brackets cerámicos, sin aumentar la resistencia al descementado.

## 5.- Objetivos

### Objetivo general

Determinar la resistencia al descementado de los brackets cerámicos en el esmalte acondicionado con láser CO<sub>2</sub>, técnica convencional.

### Objetivos específicos

- Evaluar la resistencia al descementado en el esmalte acondicionado con ácido ortofosfórico al 37%, láser CO<sub>2</sub> y combinación de ambos.

- Obtener el índice ARI en el esmalte acondicionado con ácido ortofosfórico al 37%, láser CO<sub>2</sub> y combinación de ambos.

-Comparar resistencia al descementado en el esmalte acondicionado con ácido ortofosfórico al 37%, láser CO<sub>2</sub> y combinación de ambos.

-Comparar el índice ARI en el esmalte acondicionado con ácido ortofosfórico al 37%, láser CO<sub>2</sub> y combinación de ambos.

-Determinar la mejor opción para el acondicionamiento de los brackets cerámicos sin incrementar la fuerza de adhesión.



## **6.- Materiales y Métodos**

### **6.1 Diseño de estudio**

-Tipo de estudio: Experimental, in vitro

### **6.2 Universo**

-Universo: órganos dentarios humanos (premolares)

### **6.3 Muestra**

- Se seleccionaron 120 órganos dentarios (premolares) humanos.

-Tipo de muestreo no probabilístico, por conveniencia.

### **6.4 Criterios: inclusión, exclusión y eliminación**

- Inclusión:

- 1.- Premolares extraídos por indicación ortodóncica
- 2.- Superficie coronaria en buen estado
- 3.- Sin tratamiento de ortodoncia previo.

- Exclusión:

- 1.- Más de un mes de haber sido extraídos
- 2.- Presencia de caries
- 3.- No haber sido conservado en timol

- Eliminación

- 1.- Premolares que sufran daños durante su manipulación o tratamiento.

## 6.5 Variables

-Variable dependiente:

- 1.- Resistencia al descementado
- 2.- Índice de adhesivo remanente

-Variable independiente:

Acondicionamiento del esmalte

Tabla 1.-Definición conceptual y operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operativa	Tipo de variable	Escala de medición
<b>Variable dependiente</b>				
Resistencia al descementado	Fuerza de adherencia a la compresión de una superficie.	Megapascal (MPa)	Cuantitativa continua	De razón
Adhesivo residual	Cantidad de adhesivo remanente en la superficie de los dientes	Índice ARI 0= 0%, 1= 25 % 2= 75 %, 3= 100%	Cualitativa	Ordinal
<b>Variable independiente</b>				
Acondicionamiento del esmalte	Preparar o tratar el esmalte para adecuarlo a una necesidad determinada	Láser CO <sub>2</sub> potencia en Watt, ms Ácido ortofosfórico al 37 % tiempo de exposición en segundos Láser CO <sub>2</sub> y ácido ortofosfórico al 37 %	Cualitativa	Nominal

## 6.6 Procedimiento

Los 120 órganos dentarios fueron distribuidos aleatoriamente en cuatro grupos de 30 cada uno.

-GI (láser CO<sub>2</sub>)

-GII (ácido ortofosfórico 37%)

-GIII (ácido ortofosfórico 37% + láser CO<sub>2</sub>)

-GIV (ácido ortofosfórico 37% + láser CO<sub>2</sub>)

### Acondicionamiento

Previo al acondicionamiento de cada grupo se pulieron las superficies vestibulares durante 10 segundos con una copa de hule y pasta de profilaxis libre de flúor, posteriormente se lavó con agua durante 30 segundos y se les aplicó aire comprimido libre de aceite.

-Grupo I (láser CO<sub>2</sub>)

Se aplicó láser CO<sub>2</sub> (YOSHIDA Opelaser PRO, Tokio Japón), con una potencia 0.5 W, frecuencia de superpulso, sobre la superficie del esmalte a una distancia de 5 cm durante 5 segundos (Figura 1).

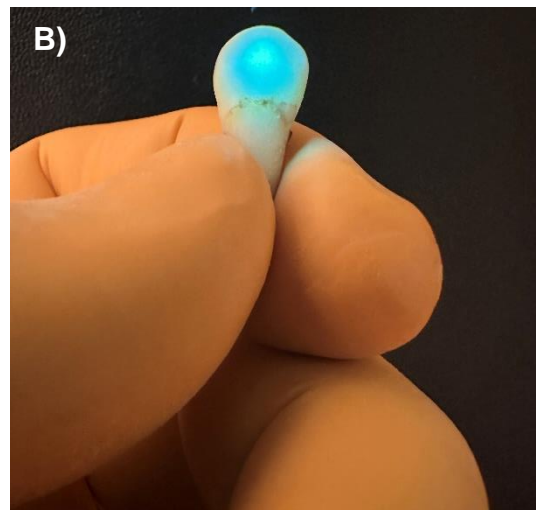


Figura 1. A) Configuración de láser CO<sub>2</sub>.  
B) Aplicación de Láser CO<sub>2</sub> por 5 segundos.

Grupo II (ácido ortofosfórico):

Se realizó el grabado del esmalte con ácido ortofosfórico al 37 % (3M Unitek, California, EUA) durante 15 segundos (Figura 2).



Figura 2. Aplicación de Ácido ortofosfórico al 37% sobre la superficie vestibular.

-Grupo III

Se aplicó ácido ortofosfórico al 37 % (3M Unitek, California, EUA) durante 8 segundos en la superficie dental; a los 3 segundos de iniciar la aplicación del ácido, se utilizó el láser CO<sub>2</sub> (YOSHIDA Opelaser PRO, Tokio, Japón) a 0.5 W y frecuencia de superpulso durante 5 segundos (Figura 3).

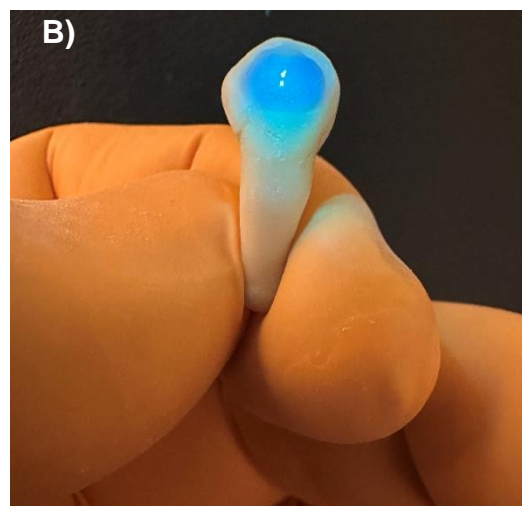


Figura 3. A) Configuración de láser CO<sub>2</sub> 0.5W.  
B) Aplicación de ácido ortofosfórico combinado con irradiación láser CO<sub>2</sub>.

#### -Grupo IV

Se aplicó ácido ortofosfórico al 37 % (3M Unitek, California, EUA) durante 8 segundos en la superficie dental; a los 3 segundos de iniciar la aplicación del ácido, se utilizó el láser CO<sub>2</sub> (YOSHIDA Opelaser PRO, Tokio, Japón) a 3 W y frecuencia de superpulso durante 5 segundos (Figura4).

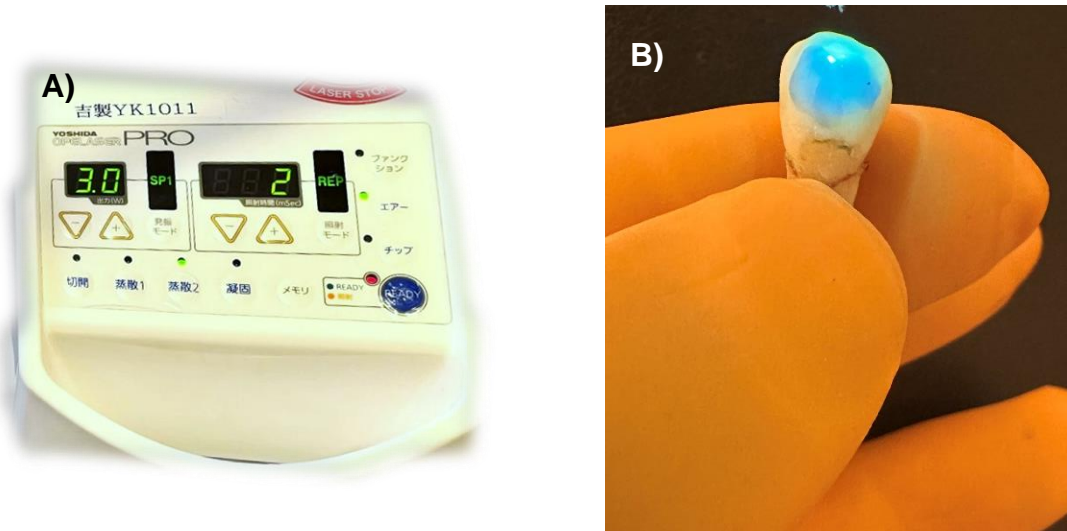


Figura 4. A) Configuración de láser CO<sub>2</sub> 3W. B) Aplicación de Ácido ortofosfórico combinado con irradiación láser CO<sub>2</sub> a configuración de 3W SP.

Posterior al acondicionamiento de cada grupo se realizó el lavado con agua y secado de la superficie dental con aire comprimido libre de aceite.

#### Adhesión

En todos los grupos se utilizaron brackets cerámicos 0.022 (Clarity Advanced, 3M Unitek, CA), fueron cementados con el adhesivo Transbond XT (3M Unitek, Monrovia, CA, USA), resina Transbond Plus Color Change (3M Unitek, California, E.E.UU) y fotopolimerizadas con la lámpara (Ortholux, 3M Unitek, California, USA) durante 15 s.

## Resistencia la descementado

Se colocó un alambre de acero inoxidable (0.017 x 0.025 pulgadas) en la ranura de cada bracket para evitar posibles deformaciones durante el proceso de desalajo. Los dientes se fijaron en bloques de resina acrílica mediante una plantilla, asegurando que la superficie vestibular de cada diente estuviera alineada de manera paralela a la fuerza aplicada durante la prueba de resistencia al descementado (Figura 5). Posteriormente, se incubaron en agua destilada a 37°C durante un periodo de 24 horas.

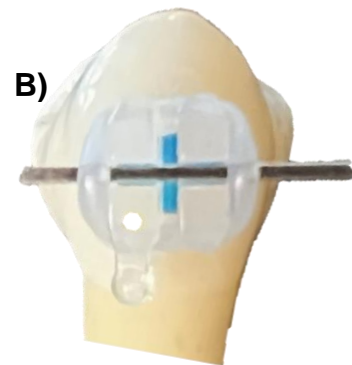
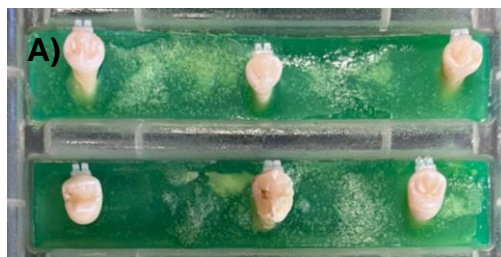


Figura 5. A) Colocación en base de acrílico.

B) Colocación de alambre para evitar deformaciones

Después se colocaron los bloques de resina acrílica alineando la superficie bucal de forma paralela a la carga ocluso gingival en la máquina de ensayos (EZ Graph, Shimadzu, Kioto, Japón) aplicando una fuerza a nivel de la interfaz bracket-esmalte para producir el desprendimiento a una velocidad de 1 mm/min (Figura 6), registrando los resultados en Megapascuales (MPa).



Figura 6. A) Configuración de láser CO2 0.5W.

B) Aplicación de ácido ortofosfórico combinado con irradiación láser CO2.

### Análisis del índice de adhesivo remanente.

Una vez concluidas las pruebas de descementado de los brackets cerámicos, se evaluó la cantidad de adhesivo remanente, con el uso de un estereomicroscopio (Amscope, Texas EUA), y registraron los resultados correspondientes de acuerdo con los valores establecidos en ARI: 0=sin adhesivo remanente, 1=menos del 50%, 2=más del 50%, 3=todo el adhesivo remanente quedó en el órgano dentario.

## **6.7 Consideraciones bioéticas**

La presente investigación contempló los principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos de la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial (64ª Asamblea General de octubre de 2013). En el Artículo 7 de dicho documento se establece que "la investigación médica está sujeta a normas éticas que sirven para promover y asegurar el respeto a todos los seres humanos y para proteger su salud y sus derechos individuales".

La donación de órganos dentarios no representó daño alguno para los sujetos participantes, ya que fue posterior a la extracción voluntaria de éstos por razones terapéuticas. La decisión de extraer un órgano dentario será siempre por prescripción fundamental del odontopediatra u ortodoncista y en ningún caso se verá influenciada por terceras personas.

Con apego al Artículo 9, se protegerá a las personas que participarán en la investigación, velando por su integridad, salud, intimidad y dignidad, resguardando su información personal en calidad de confidencialidad.

La participación será voluntaria en todos los casos y cada individuo potencial recibirá la información adecuada acerca del proyecto de investigación y de su colaboración en el mismo, de acuerdo con el Artículo 26.

Todas las dudas sobre de los objetivos, métodos, disposición de las muestras, beneficios calculados, entre otros, serán aclaradas por el investigador o por el odontólogo tratante hasta asegurar el completo entendimiento de la información para ser registrados en consentimiento informado que deberá firmar el paciente y dos testigos.

El paciente menor de edad firmará un escrito de asentimiento informado en caso de aceptar la donación, conforme a lo establecido en el Artículo 37, así como su



representante legal y dos testigos firmarán el consentimiento informado que reunió los requisitos enunciados en el Artículo 22.

Asimismo, se cumplirán las leyes y reglamentos vigentes en México, destacando algunas consideraciones estipuladas en el reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación en Salud.

Según el Artículo 17, la presente investigación se considera "con riesgo mínimo", debido a que involucró la obtención de dientes extraídos por indicación terapéutica.

En todo momento se cuidó la integridad de los investigadores implementando las medidas adecuadas de seguridad en el laboratorio.

El protocolo del estudio fue autorizado en el Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Odontología de la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma del Estado de México (CEICIEAO-2023-003).

## **6.8 Análisis estadístico**

Los datos obtenidos de la prueba de resistencia al descementado e índice ARI fueron analizados con el programa SPSS versión 25 (IBM Statistics, Nueva York, Estados Unidos).

Para determinar la normalidad de los datos, se aplicó la prueba de Shapiro–Wilk y para el análisis de la resistencia al descementado e índice Ari se utilizó la prueba U de Mann-Whitney con un nivel de significancia de  $p < 0.05$ .

## 7.- Resultados

### 7.1 Publicación Artículo

**Cureus**  
Part of SPRINGER NATURE

Open Access Original Article

## Shear Bond Strength of Ceramic Brackets on Enamel Conditioned With CO<sub>2</sub> Laser

J. Arturo Colín-Ocampo<sup>1</sup>, Rogelio J. Scougall-Vilchis<sup>1</sup>, Laura E. Rodríguez-Vilchis<sup>1</sup>, Carlo E. Medina-Solis<sup>1,2</sup>

Review began 10/14/2024  
Review ended 10/26/2024  
Published 10/31/2024

© Copyright 2024

Colín-Ocampo et al. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License CC-BY 4.0., which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

DOI: 10.7759/cureus.72761

1. Advanced Studies and Research Center in Dentistry "Dr. Keisaburo Miyata" School of Dentistry, Autonomous University of the State of Mexico, Toluca, MEX 2. Academic Area of Dentistry, Institute of Health Sciences, Autonomous University of the State of Hidalgo, Pachuca, MEX

Corresponding author: Rogelio J. Scougall-Vilchis, rogelio\_scougall@hotmail.com

### Abstract

#### Objective

This study evaluated the shear bond strength of ceramic brackets on enamel conditioned using three methods: CO<sub>2</sub> laser, 37% phosphoric acid, and a combination of both, and analyzed the adhesive remnant index (ARI) to determine the amount of residual adhesive after bracket removal.

#### Material and methods

A total of 120 human premolars were stored in 0.2% thymol (W/vol) and divided into four groups (n=30/group): Group I was enamel conditioned with 37% phosphoric acid; Group II was irradiated with a CO<sub>2</sub> laser at 0.5W power; Groups III and IV, 37% phosphoric acid; and CO<sub>2</sub> laser was combined at powers of 0.5W and 3W, respectively. Brackets were bonded using Transbond Plus CC resin. Samples were light-cured for 15 seconds and stored (37°C, 24 h). ARI assessment: The amount of adhesive remaining on the enamel surface was determined using a scale of 0 to 3. The analysis of shear bond strength and ARI was performed using the Kruskal-Wallis Test.

#### Results

Statistical analysis revealed significant differences between some groups. Group III, which combined acid etching and CO<sub>2</sub> laser conditioning, showed lower bond strength than the control group, although not significantly. On the other hand, Group II (CO<sub>2</sub> laser only) showed the lowest bond strength and significant differences compared to the different groups, indicating that the exclusive use of laser is ineffective for conditioning. Significant differences were also observed between Groups III and IV, with Group IV exhibiting higher bond strength. However, the average value (GIII: 10.59±5.66 and GIV: 18.01±8.95 MPa) exceeded the recommended range (5.9 - 7.8 MPa). Regarding the ARI, Group II showed the lowest value, with significant differences compared to the other groups. Although Group IV had a higher ARI value than Group III, this difference was not statistically significant.

#### Conclusions

The combined use of phosphoric acid and CO<sub>2</sub> laser provides adequate bond strength for ceramic brackets, with a lower amount of residual adhesive, which facilitates their removal and reduces the risk of damage to the enamel. Although laser irradiation alone does not provide sufficient bond strength, its use in combination with 37% phosphoric acid optimizes retention and minimizes the negative effects associated with conventional acid etching.

Categories: Other, Dentistry, Healthcare Technology

Keywords: ceramic brackets, co2 laser, orthodontic bond strength, orthodontics, phosphoric acid

### Introduction

Dental enamel, predominantly composed of inorganic material, stands as one of the most resistant and organized tissues in the human body [1]. In the field of dentistry, research has been fundamental in developing techniques to optimize its adhesion with materials such as dental resins [2]. In 1955, Buonocore highlighted the effectiveness of acid etching, initially using 85% phosphoric acid, to improve enamel adhesion [3,4]. Subsequently, it was demonstrated that lower acid concentrations and shorter application times could also provide an optimal etching topography, leading to the use of 37% [5]. This technique, aimed at modifying the enamel surface to enhance adhesion, has been widely adopted in dentistry, leveraging phosphoric acid's ability to alter the interior of the prisms while maintaining the peripheral integrity of the enamel. However, its application is not without disadvantages, such as demineralization and color changes, which have driven the search for alternatives, including laser irradiation [6,7].

#### How to cite this article

Colín-Ocampo J, Scougall-Vilchis R J, Rodríguez-Vilchis L E, et al. (October 31, 2024) Shear Bond Strength of Ceramic Brackets on Enamel Conditioned With CO<sub>2</sub> Laser. Cureus 16(10): e72761. DOI 10.7759/cureus.72761

## 8.- Discusión

El acondicionamiento efectivo del esmalte dental es crucial para asegurar la adhesión adecuada de los brackets, ya que juega un papel determinante en la estabilidad y el éxito del tratamiento. Tradicionalmente, el método más utilizado ha sido el grabado con ácido ortofosfórico al 37%, el cual disuelve selectivamente la capa superficial del esmalte, creando microporosidades que facilitan la retención mecánica de los aditamentos dentales.<sup>33</sup> Este enfoque ha demostrado ser efectivo en muchas aplicaciones clínicas, pero presenta desventajas significativas como la desmineralización del esmalte y posibles cambios de color en los dientes tras la remoción de los brackets.<sup>34</sup>

Los brackets de cerámica surgieron para satisfacer la creciente demanda de dispositivos ortodónticos más estéticos, estos ofrecen ventajas notables, como su resistencia a las manchas y decoloraciones, así como su inercia química frente a los fluidos orales, lo que contribuye a su durabilidad.<sup>35</sup> Sin embargo, presentan desafíos significativos, debido a que por su naturaleza física permite un mayor paso de luz durante el cementado y por ende forma una unión excesiva con las resinas adhesivas.<sup>36</sup>

Reynolds en 1975, estableció valores de resistencia de adhesión con un rango de 5.9 - 7.8 MPa. que se ha mantenido como referencia en ortodoncia desde entonces.<sup>37</sup> Por otra parte, los valores de resistencia al descementado son de gran importancia clínica, dado que la probabilidad de daño en el tejido dental aumenta 1.3 veces por cada MPa adicional, lo cual sigue siendo crucial en el empleo de materiales dentales y técnicas de adhesión actuales y mejoradas.<sup>36-39</sup>

En respuesta a estas condiciones, se ha explorado la irradiación láser CO<sub>2</sub> como una alternativa para el acondicionamiento del esmalte. Esta técnica evita la desmineralización; sin embargo, estudios han mostrado que su capacidad para proporcionar resistencia al descementado es variable y en algunos casos insuficiente cuando se compara con el ácido ortofosfórico,<sup>40</sup> principalmente debido

a los efectos térmicos sobre el diente y a su capacidad limitada para soportar las fuerzas de oclusión. <sup>13</sup>

En el presente estudio, hemos evaluado tres métodos de acondicionamiento diferentes: láser CO<sub>2</sub>, ácido ortofosfórico al 37% y combinaciones de ambos utilizando distintos tiempos de exposición al ácido y potencia del láser. Los resultados conseguidos reflejan que la fuerza de adhesión requerida para los brackets cerámicos se encuentra dentro de un rango adecuado para su uso clínico utilizando la combinación de láser con ácido para el acondicionamiento, lo cual es consistente con estudios previos que sugieren que los valores obtenidos son suficientes para mantener la integridad de la unión adhesiva sin comprometer el esmalte dental. <sup>37,42</sup>

El análisis estadístico reveló diferencias significativas entre los grupos evaluados, específicamente el grupo III tratado con la combinación de ácido ortofosfórico y láser CO<sub>2</sub>, en comparación con el grupo II, el cual representa el estándar para procedimientos de acondicionado. Este hallazgo es particularmente relevante el cual es considerado ya que sugiere que la combinación de ambos métodos podría representar una mejora significativa sobre las técnicas convencionales, proporcionando una mayor seguridad en términos de retención de brackets sin comprometer la estructura dental.

Además de la resistencia al descementado, también evaluamos el índice de adhesivo remanente (ARI) para medir la cantidad de material adhesivo que permanece en la superficie dental después de la remoción de los brackets, el cual tiene una gran relevancia clínica, ya que una menor cantidad de adhesivo residual (0 y 1) es preferible para reducir el trabajo de limpieza y minimizar el riesgo de desmineralización o daño al esmalte. <sup>41,43</sup>

En el estudio se observó que el grupo III tratado con ácido ortofosfórico y láser CO<sub>2</sub> presentó el menor ARI, con un notable 70% de muestras que mostraron una puntuación baja en el índice. Esto sugiere que esta combinación no solo mejora la

adhesión inicial, sino que también facilita el proceso de remoción de brackets sin dejar residuos significativos de adhesivo en el esmalte. Aunque este índice proporciona una medida valiosa, es esencial complementarlo con otras técnicas de evaluación para obtener una comprensión completa del impacto de los procedimientos de adhesión y remoción de brackets en la salud del esmalte dental.

Las limitaciones del presente estudio están asociadas con las condiciones in vitro que no reflejan idealmente la situación intraoral. Ya que no es posible reflejar la interacción natural entre el bracket y el esmalte, donde la unión está expuesta a saliva, biofilm oral y carga mecánica (alambre ortodóncico y oclusión).

Idealmente, los parámetros de irradiación láser se deben aplicar bajo criterios de estandarización. No se realizó en este estudio, ya que se consideraron valores de referencia probados y validados en proyectos previos. Esto puede reducir el riesgo de efectos secundarios y aumentar la probabilidad de obtener resultados positivos.

1,13,14,16

Para complementar el estudio, se podría realizar un análisis cualitativo y cuantitativo exhaustivo de la superficie del esmalte después del descementado utilizando técnicas como microscopía electrónica de barrido (SEM) y microscopía de fuerza atómica (AFM).<sup>44</sup>

## 9.- Conclusiones

Los resultados indican que la irradiación láser es favorable cuando se combina con ácido ortofosfórico durante el acondicionamiento del esmalte para brackets cerámicos. La configuración del Grupo III, demostró ser adecuada en términos de resistencia al descementado. Esta sinergia permitió reducir el tiempo de aplicación del ácido, acercándose al rango recomendado para procedimientos ortodóncicos, lo que permite la extracción de los brackets con fuerzas ligeras.

El grupo III mostró el menor índice ARI. Esto propone que la combinación implementada conserva la adhesión inicial y facilita la remoción de brackets sin dejar residuos significativos de resina en el esmalte.

La falta de literatura específica sobre la combinación de ácido ortofosfórico y láser CO<sub>2</sub> resalta la importancia de realizar más investigaciones para evaluar otras propiedades como la durabilidad de la adhesión a largo plazo y posibles efectos secundarios.

## 10.- Referencias

- 1.- Elekdag-Türk S. In vitro evaluation of a ceramic bracket with a laser-structured base. *BMC Oral Health*. 2020; 20(1): 1-7.
- 2.- Habibi M, Nik T, Hooshmand T. Comparison of debonding characteristics of metal and ceramic orthodontic brackets to enamel: An in-vitro study. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2007; 132(5): 675–679.
- 3.- Algera T, Kleverlaan C, PrahI-Andersen B, Feilzer A. The influence of different bracket base surfaces on tensile and shear bond strength. *EJO* 2008; 30:490-94.
- 4.- Stabholz A. The use of lasers in dentistry: Principles of operation and clinical applications. *Compend Contin Educ Dent* 2003;24:935-48.
- 5.- De Ferraris, M. E. G., & Muñoz, A. C. *Histología, embriología e ingeniería tisular bucodental*. Ed. Médica Panamericana. (2009).
- 6.- Bhandari P. Evaluation of Resin Penetration Depth in Enamel Surface for Orthodontic Bonding Exposed to Five Types of Enamel Conditioning Methods: A Scanning Electron Microscopic Study. *J Pharm Bioallied Sci*. 2019; 11(2): 221-227.
- 7.- Vázquez A. Histogénesis del esmalte dentario. Consideraciones generales. *AMC*. 2007 ; 11( 3 ): 1-9.
- 8.- Lahoud Salem V. Adhesión de los materiales dentales. *Odontología Sanmarquina* 2002;1(9):43-5.
- 9.- Abate P, Bertacchini S, Machi R. Adhesion of compomer to dental structures. *Quintessence Int*. 2000; 28(8):509-12.
- 10.- Gange P. The evolution of bonding in orthodontics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2015; 147(4): 1-8.
- 11.- Laurence J. Clinical Studies of Carbon Dioxide Laser Etching. *JCLMS*. 1994; 12(6): 311-314.
- 12.- Lourenço F. Does the CO2 laser reduce bond strength in different types of ceramic brackets?. *Dental Press J Orthod*. 2017; 22(2): 55-60.
- 13.- Fuhrmann R. Conditioning of Enamel with Nd:YAG and CO2 Dental Laser Systems and with Phosphoric Acid. *Journal of Orofacial Orthopedics*. 2001; 62(5): 375-386.



- 14.- Obata A. Super pulse CO2 laser for bracket bonding and debonding. *European Journal of Orthodontics*. 1999; 21(1): 193-198.
- 15.- Laurence J. Clinical Studies of Carbon Dioxide Laser Etching. *JCLMS*. 1994; 12(6): 311-314.
- 16.- Ozer T. Laser etching of enamel for orthodontic bonding. *AJO-DO*. 2008; 134(2): 193-197.
- 17.- Labunet A. The Use of Laser Energy for Etching Enamel Surfaces in Dentistry— A Scoping Review. *Materials*. 2022; 15(6): 1-13.
- 18.- Van Meerbeek B, Braem M, Vanherle G. Morphological characterization of the interface between resin and sclerotic dentin. *J. Dent*. 1994;22(3): 141-6.
- 19.- Herrera E. Fracasos en la adhesión. *Av Odontoestomatol*. 2005;21(2):63–9.
- 20.- Henostroza, Gilberto. "Adhesión en odontología restauradora." Libro. Primera Edición. Brasil: Editora Maio (2003).
- 21.- Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, et al. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent*. 2003;28(3):215-235.
- 22.- Cal-Neto; Augusto JM. Scanning Electron Microscopy Evaluation of the Bonding Mechanism of a Self-etching Primer on enamel. *Angle Orthod* 2006; 76:132–136.
- 23.- Scougall R. Adhesión contemporánea en Ortodoncia: Principios clínicos basados en evidencia científica. 1º Ed. México. Ediciones y Gráficos Eón. 2018
- 24.- Edward J. Bonding to enamel and dentin: A brief history and state of the art. *Quintessence International*. 1995; 26(2): 95-110.
- 25.- Tahmasbi S, Badiie M, Modarresi M. Shear bond strength of orthodontic bracket to composite restorations using universal adhesive. *Dent Shiraz Univ Med Sci.*, June 2019; 20(2): 75-82.
- 26.- Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, et al. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent*. 2003;28(3):215-235.
- 27.- Piradhiba R. Laser Conditioning: A Preferred Option Over Conventional Acid Etching for Orthodontic Bonding. *Journal of Indian Orthodontic Society*. 2020; 55(1): 33-38.
- 28.- Samer S. The Etching Effect of CO2 Laser on The Shear Bond Strenght of Bleachet Teeth. *Iraqi Dental Journal*. 2017; 39(3): 91-96.

- 29.- Lijima M, Muguruma T, Brantley WA, Yuasa T, Uechi J, Mizoguchi I. Effect of mechanical properties of fillers on the grindability of composite resin adhesives. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.*2010; 138 (4): 420-426.
- 30.- García F. Aplicaciones del láser CO2 en Odontología. *RCOE.* 2004; 9(4): 567-576.
- 31.- Sun M. Laser-assisted Rapid Mineralization of Human Tooth Enamel. *Nature.* 2017; 7(9611): 1-10.
- 32.- Golshah A, Mohamadi N, Rahimi F, Pouyanfar N, Seyed N, Mohammad T. Shear bond strength of metal brackets to porcelain using a Universal adhesive. *MED ARCH.* 2018 DEC; 72(6): 425-429.
- 33.- Nawrocka A, Nowak J, Sauro S, Hardan L, Bourgi R, Lukomska-Szymanska M. Shear bond strength of metal and ceramic brackets depending on etching protocol in direct bonding technique. *Materials Basel.* 2023;16(20):6697.
- 34.-Ahrari F, Heravi F, Fekrazad R, Farzanegan F, Nakhaei S. Does ultra-pulse CO2 laser reduce the risk of enamel damage during debonding of ceramic brackets? *Lasers Med Sci.* 2012;27(3):567–74
- 35.- Romano FL, Pessoti G, Galo R, Gomes-Silva JM, Lucisano MP, Borsatto MC, et al. Does the CO2 laser reduce bond strength in different types of ceramic brackets? *Dental Press J Orthod .* 2017;22(2):55–60
- 36.- Samruajbenjakul B, Kukiattrakoon B. Shear bond strength of ceramic brackets with different base designs to feldspathic porcelains. *Angle Orthod* 2009;79(3):571–6.
- 37.- Reynolds IR. A review of direct orthodontic bonding. *Br J Orthod.* 1975;2(3):171–8.
- 38.- Kate M, Yu Q, Mon H, et al. Comparison of tie wing fracture resistance of differing ceramic brackets. *Turk J Orthod.* 2022;35(4):255-259.
- 39.- Almosa NA, Sibai BS, Rejjal O, Alqahtani N. Enamel demineralization around metal and ceramic brackets: an in vitro study. *Clin Cosmet Investig Dent.* 2019;11:37–43.
- 40.- De Souza-e-Silva CM, Parisotto TM, Steiner-Oliveira C, Kamiya RU, Rodrigues LKA, Nobre-dos-Santos M. Carbon dioxide laser and bonding materials reduce

enamel demineralization around orthodontic brackets. *Lasers Med Sci.* 2013;28(1):111–8.

41.- Behnaz M, Dalaie K, Mirmohammadsadeghi H, Salehi H, Rakhshan V, Aslani F. Shear bond strength and adhesive remnant index of orthodontic brackets bonded to enamel using adhesive systems mixed with TiO<sub>2</sub> nanoparticles. *Dental Press J Orthod* 2018;23(4):43.e1-43.e7.

42.- Elvebak BS, Rossouw PE, Miller BH, Buschang P, Ceen R. Orthodontic bonding with varying curing time and light power using an argon laser. *Angle Orthod.* 2006;76(5):837–44.

43.- Scougall R, Zárate C, Hotta M, Yamamoto K. Efectos de un nuevo agente de autograbado en la resistencia al descementado de las brackets ortodóncicas. *Rev Esp Ortod*, 2008, (38):207-12.

44.- Oshagh M, Pakshir HR, Najafi HZ, Naseri MM, Nasrabadi NI, Torkan S. Comparison of the shear bond strength of orthodontic brackets in bonding and rebonding: Preparation with laser versus conventional acid etch technique. *Photomed Laser Surg.* 2013;31(8):360–4.

## 11.- Anexos

### 11.1 Anexo 1



Universidad Autónoma del Estado de México  
Facultad de Odontología  
Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Odontología



#### **Carta de Consentimiento Informado**

Dirigido a los pacientes que participen en la donación de órganos dentarios con fines de investigación científica

Título del Proyecto: “Resistencia al descementado de brackets cerámicos en el esmalte acondicionado con láser CO<sub>2</sub>, técnica convencional y combinada”

Estimado (a) paciente:

Como parte del servicio que proporcionamos a la comunidad en el área de la salud bucal, estamos involucrados en el desarrollo investigación científica dentro de la Facultad de Odontología de la UAEMéx. Actualmente desarrollamos un proyecto que tienen como finalidad estudiar nuevas técnicas y materiales que surgen para ser usados en el área de Ortodoncia, con el fin de conocer las ventajas y desventajas que estos tienen, antes de aplicarlas en nuestros pacientes y así poder ofrecerles tratamientos más seguros y vanguardistas.

Usted está siendo invitado a participar en este proyecto, si acepta, es importante que considere la siguiente información. Siéntase libre de preguntar cualquier asunto que no le quede claro.

Objetivo de la investigación:

Estudiar en dientes extraídos el uso de un procedimiento alternativo para adherir brackets cerámicos al esmalte dental.

Procedimientos:

Recolectar dientes extraídos por razones ortodóncicas, los cuales serán almacenados hasta obtener la muestra requerida, de un total de 120 premolares.

No tendrán identificación alguna que los asocie con la persona que los donó, además de que no recabaremos ninguno de sus datos personales, excepto los necesarios para validar este consentimiento informado. Todos los dientes serán empleados, para adherirles a la superficie del esmalte, un bracket, y medir la fuerza que resisten antes de desprenderse, y posteriormente evaluar el esmalte dental con un microscopio.

Una vez finalizado su uso serán dispuestos según lo marca la NOM-087-ECOL-SSA1-2002. Por esta razón, solicitamos su apoyo y autorización, para que los dientes que le serán extraídos, por motivo de su tratamiento de ortodoncia, sean donados para desarrollar este proyecto de investigación.

Aviso de Privacidad Simplificado: el C.D. E.O. Josué Arturo Colín Ocampo, alumno de la facultad de Odontología de la UAEMéx., es el responsable del resguardo y tratamiento de los datos personales que nos proporcione, los cuales serán protegidos conforma a lo dispuesto por la Ley General de Protección de Datos Personales en Posesión de Sujetos Obligados. Los datos personales que le solicitaremos serán utilizados exclusivamente para las finalidades expuestas en este documento, y no se compartirán de forma alguna. Así mismo, está a su disposición el Aviso de Privacidad de la Universidad Autónoma del Estado de México.

Si usted acepta participar en la investigación, le entregaremos una copia de este documento que le pedimos sea tan amable de firmar.

Agradecemos su tiempo y estamos a sus órdenes para aclarar cualquier duda.

Declaración de la persona que da el consentimiento

-Se me ha leído esta carta de consentimiento

-Me han explicado el estudio de investigación, incluyendo el objetivo y todos los aspectos de mi participación.

-He podido hacer preguntas relacionadas con mi participación, y me han respondido satisfactoriamente mis dudas.

Si usted entiende la información que le hemos dado en este formato y está de acuerdo en participar en este estudio, entonces le pedimos que indique su consentimiento para participar en esta investigación científica.

Participante:

Nombre y firma: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Nombre y firma del padre o tutor (si es el caso):

\_\_\_\_\_

Investigador que obtiene el consentimiento

Nombre y firma \_\_\_\_\_

Número de contacto: 7222393254

## 11.3 Anexo 2



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO  
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA  
Centro de investigación y estudios avanzados



### **Carta de asentimiento informado para la donación de órganos dentarios con efectos de investigación científica**

Mi nombre es        Josué Arturo Colín Ocampo y estoy realizando el estudio

“Resistencia al descementado de brackets cerámicos en el esmalte acondicionado con láser CO<sub>2</sub>, técnica convencional y combinada”

En el Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Odontología de la Universidad Autónoma del Estado de México, con la finalidad de:

Evaluar la eficacia de adhesión de diferentes procedimientos de acondicionamiento para el cementado de los brackets en los dientes durante el tratamiento de ortodoncia. y para ello queremos pedirte que nos apoyes.

Tu participación en el estudio consistiría en regalarnos (donar) tu diente extraído. Tu donación es voluntaria, es decir aun cuando tus papá o mamá hayan dicho que puedes donarlo, si tú no quieres hacerlo puedes decir que no, es tu elección. También es importante que sepas que si tienes alguna duda puedes realizarnos preguntas y que si no quieres donar tu diente extraído no habrá ningún problema.

La información que proporcionas será confidencial, esto quiere decir que no diremos a nadie tus datos como tu nombre o sus iniciales (O RESULTADOS DE MEDICIONES), sólo lo sabrán las personas que forman parte del equipo de este estudio.

Así también, a tus papás se les entregó un documento, el cual, menciona cual es el propósito del estudio y procedimientos. Si aceptas participar, te pido que por favor pongas una  $\checkmark$  en el cuadrado de abajo que dice “Sí quiero participar” y escribas tus iniciales o pongas tu huella digital.

Si no quieres participar, no pongas ninguna  $\checkmark$  y no pongas tus iniciales o huella digital

Sí quiero participar

En caso afirmativo, escribe tus iniciales o huella digital

\_\_\_\_\_

Nombre y firma del padre o tutor

\_\_\_\_\_

Lugar: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

Investigador que obtiene el consentimiento

Nombre y firma \_\_\_\_\_

Número de contacto: 7222393254



### 11.4 Anexo 3



## Instrumento de recolección de datos



Registro de fuerzas al descementado e índice de adhesivo residual

Grupo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Folio	MPA	ARI