



UNIVERSIDAD PERUANA  
**CAYETANO HEREDIA**  
ESCUELA DE POSTGRADO

**RESISTENCIA DE UNIÓN AL  
MICROCIZALLAMIENTO DE UNA  
CERÁMICA FELDESPÁTICA  
ACONDICIONADA CON ÁCIDO  
FLUORHÍDRICO SOMETIDA A LA  
APLICACIÓN DE ÁCIDO FOSFÓRICO  
COMO TÉCNICA DE REMOCIÓN SEGÚN  
TIPO, MÉTODO Y TIEMPO. ESTUDIO IN  
VITRO.**

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE  
MAESTRO EN ESTOMATOLOGÍA CON  
MENCIÓN EN REHABILITACIÓN ORAL

**PABLO ARMANDO CHÁVEZ ALAYO**

LIMA – PERÚ

2019



**Asesor**

**PhD. John Alexis Dominguez**

Departamento Académico de Clínica Estomatológica

**Co-Asesor**

**Mg. Leyla Antoinette Delgado Cotrina**

Departamento Académico de Clínica Estomatológica

## **DEDICATORIA**

A mi esposa Luisiana, porque eres y seras fuentes de mi inspiración, Por tus palabras de aliento y ayudarme a cumplir mis metas y objetivos.

## **AGRADECIMIENTO**

- A Dios por su infinito amor, ha sido mi apoyo en los momentos más difíciles de mi carrera.
- A mis padres, Margarita y Pablo, a quienes les debo todo lo que soy.
- A mi hermana, por ser mi ejemplo de desarrollo profesional.
- A mi asesores, Leyla y John, por su paciencia y guía en la elaboración de la presente investigación.
- A todas las personas que de manera directa e indirecta me apoyaron en este camino.

## **TABLA DE CONTENIDOS**

	<b>Pág.</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN</b>	3
II.1 Planteamiento del problema	3
<b>III. MARCO TEÓRICO</b>	5
<b>IV. JUSTIFICACIÓN</b>	20
<b>V. OBJETIVOS</b>	21
V.1 Objetivo general	21
V.2 Objetivos específicos	21
<b>VI. METODOLOGÍA</b>	22
VI.1 Diseño del estudio	22
VI.2 Muestra	22
VI.3 Operacionalización de variables	23
VI.4 Procedimientos y técnicas	24
VI.5 Consideraciones éticas	28
VI.6 Plan de análisis	29
<b>VII. RESULTADOS</b>	30
<b>VIII. DISCUSIÓN</b>	32
<b>IX. CONCLUSIONES</b>	37
<b>X. RECOMENDACIONES</b>	38
<b>XI. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA</b>	39
<b>ANEXOS</b>	42

## LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

<b>Ac</b>	: Ácido.
<b>Al</b>	: Aluminio.
<b>C</b>	: Carbono.
<b>Ca</b>	: Calcio.
<b>EDS</b>	: Espectroscopia de energía dispersiva.
<b>EDX</b>	: Dispersión de energía de rayos X.
<b>g</b>	: Gramos.
<b>h</b>	: Hora.
<b>Hz</b>	: Hertz.
<b>K</b>	: Potasio.
<b>Kg</b>	: Kilogramo.
<b>kPa</b>	: Kilopascales.
<b>min</b>	: Minuto.
<b>Mm</b>	: Milímetros.
<b>MPa</b>	: Megapascales.
<b>Na</b>	: Sodio.
<b>Psi</b>	: Libra fuerza por pulgada cuadrada.
<b>PVC</b>	: Policloro de Vinilo.
<b>s</b>	: Segundos.
<b>S</b>	: Silicio.
<b>µm</b>	: Micras.

## RESUMEN

**Objetivo:** Evaluar *in vitro* la resistencia de unión de una cerámica feldespática según tipo, método y tiempo de aplicación del ácido fosfórico luego de acondicionarla con ácido fluorhídrico. **Materiales y Métodos:** Se elaboraron discos de cerámica feldespática IPS Classic (Ivoclar - Vivadent®; Schaan, Liechtenstein) de 10 mm de diámetro por 2 mm de altura, los cuales fueron acondicionados con ácido fluorhídrico al 9% por 90 segundos. Las muestras fueron tratadas con dos tipos de ácido fosfórico al 37% Ultra Etch (Ultradent®, Utah, USA) y Prime Dental® (Chicago, IL, USA) colocados con dos métodos de aplicación (activo y no activo), en tres diferentes tiempos de exposición sobre la superficie de la cerámica feldespática (30, 60 y 90 segundos). Se confeccionaron cilindros de resina Filtek Flow Z350 (3M™ ESPE™; St. Paul, NM, USA) siguiendo los procedimientos adhesivos según las indicaciones del fabricante. Estos cilindros fueron sometidos al microcizallamiento a una fuerza constante (0.75mm/min) en una máquina de ensayo semi universal (OM100-Odeme Dental Research® ; Brasil) con la ayuda de un alambre de ortodoncia N° 7 (Morelli Ortodontia® ; Brasil) doblado en 8. **Resultados:** El grupo control presentó la mayor resistencia de unión (14.82 MPa). **Conclusión:** La aplicación del ácido fosfórico independientemente del tipo, método, y tiempo de exposición, disminuye la resistencia de unión de la cerámica feldespática acondicionada con ácido fluorhídrico.

**PALABRAS CLAVE:** cerámica feldespática, ácido fluorhídrico, ácido fosfórico, resistencia de unión, método de remoción.



## ABSTRACT

**Objective:** The purpose of this study was to evaluate the bond strength of a feldspathic ceramic *in vitro* according to type, method and application time of phosphoric acid after conditioning it with hydrofluoric acid. **Methods:** Feldspathic ceramic IPS Classic (Ivoclar - Vivadent®; Schaan, Liechtenstein) disks with 10mm diameter and 2mm height were made and they were conditioned with 9% hydrofluoric acid for 90 seconds. The samples were treated with two types of 37% phosphoric acid Ultra Etch (Ultradent®, Utah, USA) and Prime Dental (Chicago, IL, USA), brushed over with two application methods (active and non active) and in three different times (30, 60, and 90 seconds). Then, silane and adhesive were applied according to manufacturer's instructions to photopolymerize the resin composite Filtek Flow Z350 (3M™ ESPE™; St. Paul, NM, USA) cylinders on the surface of feldspathic ceramic. These cylinders were submitted to constant microshear forces in a semi universal testing machine (OM100-Odeme Dental Research; Brasil) with the assistance of an orthodontic wire N° 7 bent in 8 (Morelli Ortodontia; Brasil). **Results:** The control group presented the highest bond strength (14.82 MPa). **Conclusion:** The use of phosphoric acid as a removal technique over the surface of feldspathic ceramic conditioned with hydrofluoric acid is affected in a negative way.

**KEY WORDS:** Feldspathic ceramic, hydrofluoric acid, phosphoric acid, bond strength, removal technique.

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la rehabilitación oral no solo se enfoca en devolver la función al paciente. La aparición de nuevas técnicas y materiales dan la posibilidad de ofrecer mayores y mejores alternativas de tratamientos que no solo se limitan en devolver la función masticatoria sino la estética. Cuando se habla de tratamientos con necesidad de alta estética en rehabilitación oral, lo relacionamos con restauraciones que dentro de su composición no tiene aleación metálica, llamados también restauraciones libres de metal, generalmente realizados de material cerámico.<sup>1</sup>

Los materiales cerámicos se pueden clasificar en cerámicas de matriz vítrea, cerámicas de matriz cristalinas y cerámicas de matriz resinosas. Dentro de las cerámicas de matriz vítrea tenemos a las cerámicas feldespáticas, un material que presenta una muy buena traslucidez pero muy pobre resistencia a la fractura.<sup>2</sup>

Una cementación adhesiva es necesaria para unir este tipo de cerámica a la superficie del esmalte y dentina para lo cual se deberá realizar el acondicionamiento de la superficie. El procedimiento consiste en la creación de microrugosidades sobre la superficie de la restauración permitiendo la penetración del silano y del adhesivo. Este proceso es primordial para obtener la adhesión micro-mecánica.<sup>1,2</sup>

En el caso de las restauraciones feldespáticas, se recomienda utilizar el ácido fluorhídrico al 9% durante 90 s. Al retirar el material ácido quedará sobre la superficie tratada depósitos de precipitados cristalinos y de sales minerales que obliteran las microporosidades, siendo estas insolubles en agua, y deben ser retiradas mediante otras técnicas. El no retirar estos precipitados conllevaría a reducir la resistencia de unión en la cementación definitiva a las restauraciones feldespática<sup>3,4</sup>

Por tal motivo, el siguiente estudio tuvo como propósito evaluar la resistencia de unión al microcizallamiento de cerámica feldespática acondicionadas con ácido fluorhídrico sometida a la aplicación de ácido fosfórico como método de remoción según tipo, método y tiempo.

## II. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

### II.1 Planteamiento del problema

El acondicionamiento de la superficie interna de las restauraciones de cerámicas feldespáticas con ácido fluorhídrico es parte del proceso para la adhesión al sustrato dentario, creando una superficie mucho más retentiva que permitirá la penetración del primer o silano, incrementando los valores de resistencia de unión entre la cerámica y el cemento. Sin embargo, el ácido fluorhídrico después de actuar sobre la superficie cerámica forma depósitos de Sodio (Na), Potasio (K), Calcio (Ca), Aluminio (Al), como se demuestra en un estudio realizado por Canay *et al.*<sup>5</sup>, donde se analizó mediante espectroscopia de energía dispersiva (EDS) la superficie de la cerámica acondicionada, observando estos depósitos formados por el uso del ácido fluorhídrico los cuales eran insolubles al agua, recomendando la remoción con ácido fosfórico; estos depósitos al no ser retirados podrían interferir en el proceso de adhesión. Esto mismo fue observado por Al Jaaidi<sup>6</sup>

En la actualidad existen diferentes métodos utilizados para realizar la remoción de los depósitos dejados por la acción del ácido fluorhídrico, existen métodos como ácido fosfórico en forma activa y no activa propuesta por Giraldo *et al.*<sup>7</sup>, o el uso de alcohol isopropílico, acetonas, chorros de arenado, chorros de agua y baños ultrasónicos mencionados por Martins *et al.*<sup>8</sup>

La literatura presenta el método de remoción con ácido fosfórico como una alternativa, sin embargo no existe mucha evidencia en cuanto a tiempo, método de aplicación sobre la cerámica feldespática. Por tal motivo se planteó la siguiente

pregunta, ¿El tipo, método y tiempo de aplicación de ácido fosfórico aumenta la resistencia de unión de una cerámica feldespática?

### III. MARCO TEÓRICO

En la actualidad, la cerámica es sin duda uno de los materiales odontológicos de uso en restauraciones indirectas más utilizadas. Al ser biocompatibles, presentan una alta resistencia a la compresión, estabilidad química, y grande propiedades estética que permite la reconstrucción de la estructura dentaria con características muy parecidas a la natural, devolviéndole la estética y la función. Podemos clasificar a las cerámicas en cerámicas con matriz de vidrio, cerámicas policristalinas y cerámicas con matriz resinosa. Las cerámicas con matriz de vidrio son las que contienen dentro de su composición material cerámico inorgánico no metálico con alto contenido de fase vítrea. Las cerámicas policristalinas también contiene un material cerámico inorgánico no metálico pero no contiene fase vítrea, y las cerámicas con matriz de resina es un compuesto polimérico con compuesto inorgánico de cerámica. La fase vítrea, la más importante al momento de hablar de estética, tiene la propiedad de transmitir la luz y posibilita la reproducción de características ópticas de translucidez en varios niveles y la fase cristalina es responsable de la resistencia, funciona como una barrera que impide la propagación de las fracturas.<sup>9,10</sup>

Dentro de las cerámicas más conocidas tenemos a las cerámicas feldespáticas, siendo la primera en aparecer y hasta ahora una de las más utilizadas tanto por sus ventajas estéticas como sus características físicas al tener un coeficiente de expansión térmica de aproximadamente 10 % lo que permite usarlo como recubrimiento de la subestructura metálicas. Reciben este nombre por las grandes cantidades de feldespato, aparte encontramos dentro de sus compuestos caolín y cuarzo. Básicamente tiene dos fases mencionadas anteriormente pero en mayor porcentaje

encontramos la fase vítrea y en menor porcentaje la fase cristalina dada por los cristales de leucita formado por el feldespató potásico. <sup>11</sup>

La mayoría de sistemas cerámicos necesitan recibir un tratamiento de superficie para mejorar las condiciones del sistema de adhesión y la restauración. Este tratamiento de superficie de la cerámica consiste en promover la alteración en la topografía de la misma, creando micro porosidades y rugosidades, lo que aumenta la superficie de contacto del silano, responsable de aumentar la humectabilidad y crear enlaces de unión sobre la superficie, como consecuencia el cemento tendrá una resistencia adhesiva sobre la cerámica feldespática. Existen diferentes técnicas para conseguir este tipo de superficie, dentro de las más conocidas tenemos el acondicionamiento con chorro de arena, aplicación de láser y baños con soluciones ácidas. Las soluciones ácidas son muy utilizadas en el tratamiento de las cerámicas con alto contenido de fase vítrea, lo que lo convierte en una cerámica ácido sensible y esto se debe a que el acondicionamiento de este tipo elimina esta fase del sistema cerámico creando una superficie rugosa adecuada para mejorar la adhesión. Por otro lado, tenemos las cerámicas con más fase cristalina, también llamadas ácido resistente, el método de acondicionamiento es aplicando chorro de arena o silicatización, en este último se insertan partículas de sílice en la superficie las cuales son removidas posteriormente creando la superficie rugosa, ideal para el proceso de adhesión.

10,11,12,13

Como ya se mencionó con anterioridad, existen diferentes técnicas para conseguir la alteración de la superficie de la cerámica, encontrando diferentes resultados en cada uno de ellas, Dilber *et al.*<sup>14</sup> en el 2012, comparó la rugosidad de dos sistemas

cerámicos con diferentes técnicas de tratamiento de superficie en cerámicas de disilicato de litio (IPS Empress II® , Ivoclar; Schaan, Liechtenstein) y cerámica feldespática (Vita VM9® , Vita Zahnfabrik; Bad Säckingen, Germany). Las muestras fueron arenadas, pulidas y limpiadas con baño de ultrasonido y acetona al 99.5 %, la rugosidad de la superficie fue evaluada antes del tratamiento para luego ser separadas por grupos. Cada sistema cerámico evaluado se dividieron en seis grupos, un grupo control sin tratamiento de superficie, el segundo grupo se aplicó arenado con Oxido de Aluminio, el tercer grupo se aplicó arenado con Oxido de Aluminio y Laser Er: YAG, el cuarto grupo fue de laser irradiación Er: YAG, el quinto grupo se realizó un grabado con ácido fluorhídrico al 5 % (IPS Ceramic Etching Gel® , Ivoclar Vivadent; Schaan, Liechtenstein), y el último grupo fue grabado con ácido fluorhídrico al 5 % e irradiación con Laser Er:YAG, todas las cerámicas fueron limpiados con agua por 20 s y secados con aire libre de aceite. La rugosidad de la superficie fue evaluada por perfilometría y examinados con un microscopio electrónico de barrido. Los mejores resultados se obtuvieron en el grupo donde se utilizó el arenado con óxido de aluminio y el grupo de arenado con óxido de aluminio y láser Er: YAG. No se encontraron diferencias significativas entre los grupos de acondicionamiento.

Sin embargo, el uso ácido flurhídrico es una alternativa idonea en comparación al arenado con óxido de aluminio como lo menciona Ozcan *et al.*<sup>15</sup> en el 2003, evaluaron el efecto de la resistencia de unión en tres métodos de acondicionamiento de superficie de seis cerámicas: Finesse (Ceramco®; Burlington, NJ, USA), In-Ceram (Vita Zahnfabrik®; Bad Säckingen, Germany), Zirkonia Blank de Celay (Vita



Zahnfabrik®; Bad Säckingen, Germany), IPS Empress II (Ivoclar Vivadent®; Schaan, Liechtenstein), Procera Allceram (Nobel Biocare® AB; Goteborg, Sweden) y una cerámica de alúmina (Technical University; Tampere, Finland). Las muestras fueron separadas aleatoriamente según el método de acondicionamiento: Acondicionamiento con ácido fluorhídrico al 9.5 % por 90 s con excepción del grupo que contenía el Empress II , la cual fue acondicionada con ácido fluorhídrico al 5 %, por 20 s, el residual del ácido se neutralizó con carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) y carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) por 5 min con abundante agua durante 20 s ,después se aplicó silano por 60 s. Otra alternativa de acondicionamiento fue el arenado con óxido de aluminio de 110  $\mu\text{m}$  con una presión de 380 kPa a 10 mm de distancia por 13 s, luego se aplicó silano; otro método de acondicionamiento fue el uso de Rocatec Plus con granos de 110  $\mu\text{m}$  de dióxido de aluminio modificado con ácido salicílico a una presión de 280 kPa a una distancia de 10 mm por 13 s, luego se aplicó una capa de silano. Se aplicó una capa de adhesivo a todas las muestras removiendo el exceso y polimerizándolo por 20 s. Se confeccionaron especímenes de 3.6 mm de diámetro y 5 mm de altura, utilizando unos moldes de polietileno los cuales fueron polimerizados a las muestras por 40 s. Un grupo fueron almacenadas en una cámara por 24 h antes de la prueba y otro grupo fueron sometidas a termociclado. Los valores más altos se registraron en las cerámicas vítreas y los valores más bajos fueron encontrados con el Procera Allceram (Nobel Biocare AB®, Goteborg, Sweden). Asimismo el termociclado afectó la resistencia adhesiva, El IPS Empress II (Ivoclar Vivadent®; Schaan, Liechtenstein) presento mejor resistencia a la adhesión, en los otros sustratos los valores fueron mucho más bajo. El estudio llega a las siguientes conclusiones: La resistencia de unión aumenta al usar el ácido fluorhídrico como método acondicionamiento de superficie de cerámicas con alto contenido de

fase vítrea dentro de sus estructura, el tratamiento de la superficie con arenado antes de la cementación aumenta los valores de resistencia de unión en cerámicas con alto contenido de alúmina y más aún cuando se realiza la silanización. El termociclado afecta de forma negativa la resistencia de unión en todos los grupos evaluados.

De la misma forma, Shiu *et al.*<sup>16</sup>, evaluaron la resistencia de unión de los cementos resinoso en diferentes tratamientos de superficie para cerámicas feldespática, confeccionando 100 discos de cerámica feldespática (Noritake Dental Supply Co., Nishikamo-gum; Aichi, Japan). Los discos fueron insertados en acrílico y sometidos a una limpieza con baño de ultrasonido por 5 min y almacenadas en agua destilada a 37 °C por 24 h. Las muestras se separaron en 10 grupos, el primer grupo control no recibió ningún tratamiento de superficie, el segundo grupo se aplicó ácido fluorhídrico al 10 % por 2 min, el tercer grupo se aplicó ácido fosfórico al 37 % por 60 s, el cuarto grupo se aplicó flúorofosfato acidulado al 1.23 % por 10 min, el quinto grupo se utilizó fresas con grano de diamante de 30  $\mu\text{m}$  para volver la superficie rugosa, el sexto grupo se arenó con óxido de aluminio de 50  $\mu\text{m}$  por 7 s a una distancia de 10 mm de la superficie con una presión de 80 psi, el séptimo grupo fueron arenadas de la misma forma que el sexto grupo y se aplicó ácido fluorhídrico al 10 %, el octavo grupo se arenaron con CoJet a una distancia de 10 mm y una presión de 40 psi por 20 s, el noveno grupo se sometió a una irradiación con el láser Er:YAG con 2.94  $\mu\text{m}$  de longitud de onda, y el décimo grupo se realizó el arenado como en el grupo seis y se irradió con láser como se menciona en el grupo nueve; las muestras se lavaron con agua por 10 s y secadas con aire. Después del tratamiento de superficie se aplicó silano sobre la superficie por 30 s. Se colocaron unos cilindros de resina de 3.6 mm de diámetro y 2 mm de altura con la ayuda de un cemento

resinoso (RelyX™, 3M™ ESPE™; St. Paul, MN, USA) y fueron polimerizados por 120 s. Se almacenaron las muestras en agua destiladas por 24 h a 37 °C para someterlas a pruebas de resistencia a la descementación y evaluar el tipo de fracaso. Estos fallos se clasificaron como: fallo adhesivo, fallo de cohesivo y falla mixta. Los valores de resistencia de unión más altos se encontraron en los grupos acondicionados con ácido fluorhídrico, seguido del arenado con CoJet y el arenado con óxido de aluminio, sin embargo no se encontraron diferencias significativas entre ellas. Los grupos que presentaron valores moderados sin diferencia significativa entre ellos fueron los grupos tratados con arenado de óxido de aluminio más la irradiación con láser Er: YAG, los tratados con fresas diamantadas y los que se arenaron con óxido de aluminio y ácido fluorhídrico. Los resultados más bajos de resistencia de unión se obtuvieron en los grupos donde se aplicaron ácido fosfórico, flúor fosfato acidulado, láser Er: YAG y grupo control.

Es importante tener en cuenta el tiempo de exposición del ácido a la superficie de la cerámica. Zavanelli *et al.*<sup>17</sup>, en el 2006. Evaluaron el efecto de dos técnicas de tratamiento de superficie en la reparación en cerámicas por medio de la evaluación de microscopía electrónica de barrido. Se confeccionaron 40 discos de cerámicas feldespática (VITA®, Vita Zahnfabrik; Bad Säckingen, Germany) divididas en grupos: Un grupo control, el segundo grupo se realizó un tratamiento con ácido fluorhídrico al 9.5 % durante 1 min, el tercer grupo fue con ácido fluorhídrico de 9.5 % por 2 min, el cuarto grupo se realizó tratamiento con ácido fosfórico al 37 % por 1 min, y el último grupo fue con ácido fosfórico al 37 % por 2 min. No se encontraron diferencias morfológicas significativas en las superficies acondicionadas con ácido fosfórico al 37% por 1 min y 2 min, sin embargo en las superficie con ácido

fluorhídrico al 9.5% el grupo que se acondicionó por 2 min, presentaron mayores cambios significativos en comparación que el grupo acondicionado por 1 min y con los grupos acondicionados con ácido fosfórico.

Quedando claro que el ácido fluorhídrico es el material que presenta un mayor cambio de la superficie de la cerámica favoreciendo la resistencia de unión es importante enforarnos en los metodos de remoción de los residuales. Como se observa una de las alternativas utilizada como método de remoción es el uso de agentes neutralizantes sin embargo, Saavedra *et al.*<sup>18</sup> en el 2009, quienes realizaron incrustaciones inlay en premolares, todas ellas estandarizadas con el uso de una fresa diamantada cónica de bordes angulados, las incrustaciones fueron de cerámica feldespática (IPS Empress Esthetic, Ivoclar - Vivadent®; Schaan, Liechtenstein) con la técnica inyectada. Las restauraciones fueron acondicionadas con ácido fluorhídrico al 5 % (IPS Ceramic Etching, Ivoclar - Vivadent®; Schaan, Liechtenstein) por 60 s, lavadas con agua y secadas. Se dividieron las muestras en dos grupos, un grupo en el cual no se utilizó neutralizante del ácido y el otro grupo se utilizó un neutralizante de precipitado del ácido fluorhídrico (IPS Ceramic Neutralizing, Ivoclar - Vivadent®; Schaan, Liechtenstein), luego se silanizaron las restauraciones (Monobond S, Ivoclar - Vivadent®; Schaan, Liechtenstein) y se cementaron con cemento (Multilink, Ivoclar - Vivadent®; Schaan, Liechtenstein) con una carga constante de 750 g. Luego se separaron 10 muestras de cada grupo para someterlo a una carga cíclica, la simulación fue de aproximadamente cinco años de uso clínico. Luego las muestras fueron cortadas obteniendo microbarras de 1 mm<sup>2</sup> de área, estas fueron sometidas a pruebas de microtracción. Los resultados mostraron que la resistencia de unión se ve

reducida significativamente en el grupo que se utilizó neutralizante, el autor menciona que trabajar el neutralizante sin un baño de ultrasonido puede alterar de manera negativa el mecanismo de acción, en el caso del grupo sometido a ciclados y no sometidos a ciclados se observa una reducción aumentada en la resistencia adhesiva en las muestras sometidas al proceso de ciclado.

La manipulación de las restauraciones de cerámicas feldespáticas en el proceso de adaptación al sustrato dentario ocasiona la contaminación de las mismas con saliva, sustancias orgánicas, agentes evidenciadores y soluciones ácidas utilizadas para el acondicionamiento de superficie. Un fracaso en esta etapa puede llevar a la disminución de la resistencia de unión de los cementos resinosos sobre la restauración de cerámica feldespática comprometiendo así la unión con las estructuras dentales.<sup>17</sup>

Dentro de los métodos utilizados para poder realizar una adecuada limpieza y remoción encontramos: Baño con ultrasonido, ácido fosfórico al 37 %, alcohol isopropílico 96 % y 99 %, acetonas, chorro de aire libre de aceite y el arenado con óxido de aluminio, necesarios para poder eliminar los depósitos de Silicio, Aluminio, Potasio, Sodio, Calcio y Flúor provenientes del acondicionamiento con ácido fluorhídrico.<sup>16</sup>

Según la literatura, el óxido de aluminio ha demostrado ser uno de los materiales más efectivo para conseguir la limpieza de contaminantes ocasionado por el trabajo clínico y laboratorio, el tamaño recomendado es de 50  $\mu\text{m}$  a una presión de 15 bar por 15 s. Sin embargo, el empleo de ácido fosfórico presentó estas características,

sumándole otras ventajas como es la disminución de energía superficial, algo que ayudaría en aumentar la resistencia de unión.<sup>5, 6, 19</sup>

Martins *et al.*<sup>8</sup> en el 2012, evaluaron el efecto de diferentes métodos de remoción en las restauraciones feldespáticas después del acondicionamiento de superficie con ácido fluorhídrico al 10 %. Se confeccionaron 20 bloques de cerámica (Vita VM7®, Vita Zahnfabrik; Bad Säckingen, Germany) divididos en cinco grupos, cada bloque fue duplicado en resina compuesta. Cada grupo fue acondicionado con ácido fluorhídrico al 10 % por 20 s y lavado por 60 s con spray de aire y agua, terminado el acondicionamiento fueron separados en cuatro grupos diferentes al azar. Los grupos estuvieron organizados de la siguiente forma: 1. Grupo control con agua en spray por 4 min más secado con aire, 2. Lavado con ultrasonido en agua destilada por 4 min y secado, 3. Lavado ultrasónico en acetona al 99.5 % por 4 min y secado, 4. Lavado en ultrasonido en alcohol al 70 % por 4 min y secado. Los bloques de cerámicas fueron silanizadas (Porcelain Primer®, Dentsply; Rio de Janeiro, Brasil) usando un microbrush y cementadas al bloque de resina compuesta con un cemento resinoso (RelyX ARC, 3M™ ESPE™; St. Paul, MN, USA) polimerizándolos por 40 s. Los bloques fueron seccionados obteniendo microbarras de 0.8 mm de área. Cada microbarra fue sometida a pruebas de resistencias a la microtracción del cemento. El método de remoción donde se utilizaba acetona o alcohol presentaron valores similares a la eliminación con agua y aire en spray. Los valores más altos se evidenciaron en la técnica con baño de ultrasonido y agua destilada. La limpieza de la superficie con agua en spray no fue suficiente para retirar los depósitos formados

por el ácido fluorhídrico por lo que se recomienda el uso de ultrasonido asegurando la remoción.

Magne y Cascione<sup>20</sup> en el 2006 realizaron un estudio que tenía como propósito determinar la resistencia de unión entre la resina compuesta y dos sistemas cerámicos, asimismo evaluaron el efecto de la limpieza después del acondicionamiento. Los grupos estaban conformados por 16 pares de bloques de cerámica feldespática, se elaboraron con la técnica de modelo refractario en ocho pares (D-84, Creation, Jensen Industries® ; North Haven, Conn, USA), cuatro pares (Duracera Lay Connector Paste, Denstply Ceramco®; Burlington, NJ, USA) y cuatro pares (CL-O, Creation, Jensen Industries® ; North Haven, Conn, USA). Los otros ocho pares de bloques cerámicos fueron confeccionado con la técnica por inyección (SL B00+, Authentic, Ceramay® ; Stuttgart, Germany). Todos los bloques iban a ser preparados para el proceso de cementación por lo cual fueron arenados con óxido de aluminio de 30 µm con una presión de 22 psi, después se acondicionó la superficie con ácido fluorhídrico al 9 % (Porcelain Etch, Ultradent® ; South Jordan, Utah, USA) por 90 s y lavado con agua por 20 s, se limpió la superficie con ácido fosfórico al 37.5 % (Ultra-Etch, Ultradent® ; South Jordan , Utah, USA) realizando movimientos con la ayuda de un microbrush por 1 min, luego de eso se lavó con agua por 20 s y la limpieza finalizó con una inmersión en agua destilada y baño de ultrasonido por 5 min, el grupo (AUTH-N) no fue sometido a todo este proceso. Se aplicó silano (Silane, Ultradent® ; South Jordan, Utah, USA) a todos los bloques y fueron secados en un horno a 100 °C por 5 min, cuatro pares de bloques del mismo sistema fueron cementados (Z100, 3M™ ESPE™; St. Paul, MN, USA) con una carga constante de 1 kg por 10 s, después se polimerizó por 160 s (40 s por cada

superficie). Los bloques fueron cortados con la ayuda de un disco diamantado obteniendo barras de 0.81 mm<sup>2</sup>, las barras fueron sometidas a pruebas de microtracción a una velocidad de 5.4 kg por 1 min. Los resultados obtenidos entre el grupo de limpieza posterior al acondicionamiento y el grupo que no fue sometido a una limpieza mostraron una diferencia significativa. La ausencia de una limpieza posterior al acondicionamiento dio como resultado una reducción en la resistencia de unión de aproximadamente 50 %, esta reducción se ve afectada por el precipitado de los cristales residuales (Na, K, Ca y Al) que se forman después del acondicionamiento con ácido fluorhídrico, estos productos no se pueden retirar solo con agua, se recomienda el uso de baño con ultrasonido. Los resultados al microscopio muestran que muchos de los depósitos son eliminados con el ácido fosfórico, sin embargo, quedan depósitos que contaminan las estructuras retentivas de la superficie.

Steinhauser *et al.*<sup>21</sup> en el 2013 evaluaron el efecto de la limpieza de la superficie de las cerámicas feldespáticas en la resistencia de unión y la morfología de la superficie. Confeccionaron 46 discos de cerámica feldespática (Super Porcelain EX3, Noritake Kizal®; Nagoya, Japan), se usaron 6 discos para evaluar la micromorfología y se usaron 40 para evaluar la resistencia unión. Los discos fueron incluidos en un tubo de Policloruro de vinilo (PVC) estabilizados con acrílico. Se formaron cinco grupos de ocho discos cada uno, la superficie de estos discos fueron acondicionados con ácido fluorhídrico al 10 % (Villevie, Joinville®; Santa Catarina, Brasil) por 2 min, seguido de agua en spray por 30 s, después los discos fueron tratado de acuerdo al grupo experimental, grupo C: No se realizaron tratamiento, Grupo S: Agua en Spray por 1 min, Grupo US: Baño en ultrasonido con agua destilada por cinco min, Grupo F:



Limpieza con ácido fosfórico al 37 % (Acid Gel, Villevie®; Joinville, SC, Brasil) realizando movimientos con microbrush por 1 min, luego lavado con agua por 1 min, Grupo F+US: Limpieza con ácido fosfórico al 37 % (Acid Gel, Villevie®; Joinville, SC, Brasil) usando microbrush por 1 min luego lavado con agua por 1 min combinado con baño ultrasonido con agua destilada por 5 min. Se cementaron sobre los discos cinco cilindros de resina compuesta (Filtek Z100, 3M™ ESPE™; St. Paul, MN, USA) de 0.8 mm de diámetro y 4 mm de altura respetando la silanización (Dentsply®; Petropolis, RJ, Brasil) de la superficie de los discos y la aplicación de adhesivo (Adper Scotchbond – Adhesive, 3M™ ESPE™; St. Paul, MN, USA), fotoactivado por 40 s. Los cilindros de resina compuesta fueron sometidos a pruebas de micro cizallamiento. Los resultados demuestran que no existen diferencias significativas entre los métodos de remoción, demostrando como una de las fallas más frecuentes la cohesión en la resina seguido de la falla adhesiva. La limpieza con ultrasonido con agua destilada y combinada con ácido fosfórico muestran menos cantidad de depósitos de ácido fluorhídrico sobre la superficie.

Belli *et al.*<sup>22</sup> en el 2010, realizaron un estudio donde evalúa la resistencia de unión en cerámicas sometidas a diferentes técnicas de limpieza luego de acondicionarlas. Se cementaron unos especímenes de resina sobre discos de IPS Empress Esthetic (Ivoclar - Vivadent®; Schaan, Liechtenstein) y IPS Empress II (Ivoclar – Vivadent®; Schaan, Liechtenstein) después de acondicionarlo con ácido fluorhídrico al 10 % (Porcelain Conditioner, Dentsply®; York, PA, USA) por 60 s y 20 s respectivamente, se lavó con agua a chorro por 30 s y se secaron con aire, los grupos experimentales fueron separados de la siguiente forma, Grupo (NC): No limpieza

Spray, Grupo (AWS): aplicación de agua por 30 s a una distancia de 10 mm, Grupo (PA): Grabado con ácido fosfórico al 37 % (Scotchbond Etchant, 3M™ ESPE™; St. Paul, MN, USA) por 1mm realizando movimiento con microbrush y luego lavado por 30 s con chorro de agua, Grupo (UB): Baño con ultrasonido y agua destilada por 5 min, Grupo (PAUB): PA+UB y Grupo (CSK): Aplicación del silano con el sistema Clearfill Silane Kit (Kurakay; Osaka, Japón) siguiendo las indicaciones del fabricante. Después del procedimiento se aplicó silano (Scotchbond Ceramic Primer, 3M™ ESPE™; St. Paul, MN, USA) por 10 s y secándolo con aire por 5 s, y el agente adhesivo (Scotchbond Multi-Purpose Bonding Agent, 3M™ ESPE™; St. Paul, Mn, USA) escurriendo con aire por 10 s, fotoactivando por 20 s. Se confeccionaron unos especímenes de resina fluida (Filtek z250, 3M™ ESPE™; St. Paul, MN, USA) usando un tubo de Tygon de 4 mm de altura y 0.8 mm de diámetro las cuales fueron fotoactivadas por 40 s una vez ya unidas a la superficie de la cerámica. Todas las muestras fueron sometidas a pruebas de tensión a una velocidad de 0.5 mm/min. Los resultados presentan diferencia estadísticas entre los subgrupos del Empress II, en el cual el grupo donde no se realizó ninguna limpieza presenta menores resultados que el grupo donde se realizó limpieza con spray de agua y el baño ultrasonido y agua destilada, para el Empress II los subgrupos donde no se realizó limpieza y el grupo donde se aplicó el silano y el sistema de cementación presento diferencia estadística entre ellos y los otros grupos de limpieza.

Giraldo *et al.*<sup>7</sup> en el 2016, realizaron un estudio donde evalúan el efecto de aplicar de forma activa y no activa el ácido fosfórico como método de remoción del ácido fluorhídrico en cerámicas de disilicato de litio, utilizaron 30 discos de cerámica (IPS

Emax II, Ivoclar - Vivadent®; Liechtenstein), colocados dentro de un tubo de PVC y estabilizado con acrílico, los cuales fueron separados en tres grupos los cuales tenían la siguiente secuencia de acondicionamiento, Grupo A (Control): Acondicionamiento con ácido fluorhídrico al 9.6 % (EUFAR®; Bogotá, Colombia) aplicado por 20 s y limpiado con agua por 30 s, las cuales fueron secadas y se le aplicó una capa de silano (Ángelus®; Londrina, PR, Brasil) manteniendo un contacto con la superficie por 60 s. El grupo AF: Se aplicó ácido fluorhídrico por 20 s y se limpió la superficie con ácido fosfórico al 37 % (SDI Super Etc®; Bayswater, Australia) por 30 s sin frotar, se le aplicó una capa de silano (Angelus®; Londrina, PR, Brasil) manteniendo un contacto con la superficie por 60 s, el grupo AFF: aplicó ácido fluorhídrico por 20 s y se limpió la superficie con ácido fosfórico al 37 % (SDI Super Etc®; Bayswater, Australia) por 30 s agitando la superficie con una presión calibrada (sobre los 250 g), se le aplicó una capa de silano (Angelus®; Londrina, PR, Brasil) manteniendo un contacto con la superficie por 60 s. A todos los grupos se le aplicó adhesivo (Adper Single Bond 2; 3M™ ESPE™; St. Paul, MN, USA) por dos capas agitando suavemente y aplicando aire hasta evaporar el solvente, luego el adhesivo fue fotoactivado por 10 s, de acuerdo a las indicaciones del fabricante. Se confeccionaron unos cilindros de cemento resinoso (RelyX Ultimate, 3M™ ESPE™; St. Paul, MN, USA) con la ayuda de tygons (Angiocath BD; Cundinamarca, Colombia) de 0.9 mm de diámetro y 2 mm de alto. Los cuales fueron posicionados sobre la superficie de los discos de cerámica con una distancia de 2 mm entre ellos y fotoactivado por 40 s. Los tubos de PVC fueron adaptados a la máquina de ensayo universal (Kratos 500; Sao Paulo, SP, Brasil), se sometió a micro tracción los tubos de resina de 0.5 mm/min, los resultados fueron expresados en MPa. Después de las

pruebas la superficie de los discos fueron evaluados bajo un microscopio estereoscopio (SMZ 800, Nikon Corporation; Tokyo, Japan) a una magnificación de 40x para evaluar el tipo de falla. Los resultados demostraron un mejor resultado en el grupo que fue sometido a la ácido fosfórico al 37.5 % activado, los grupos de ácido fosfórico no activado y el grupo control no tuvieron diferencia significativa.

El propósito de este estudio fue evaluar la resistencia de unión al microcizallamiento en cerámicas feldespáticas después de la remoción del ácido fluorhídrico utilizando dos técnicas y tiempos de aplicación del ácido fosfórico de dos diferentes marcas.

#### **IV. JUSTIFICACIÓN**

Los resultados encontrados contribuirán a establecer un protocolo clínico, para el odontólogo general y especialista, en la técnica de remoción adecuada para la remoción del ácido fluorhídrico en el tratamiento de las superficies de cerámicas feldespáticas para su futura cementación minimizando los riesgos y optimizando la adhesión al sustrato dentario. Asimismo los resultados del estudio mostrará si existe diferencia entre el modo de aplicación del ácido fosfórico en dos diferentes marcas.

El estudio tiene como relevancia social presentar menos gasto en la repetición de los tratamientos realizados con este material que permite la mayor preservación de la estructura dental remanente, mejorando la calidad de vida del paciente.

## **V. OBJETIVOS**

### **V.1 Objetivo general**

Evaluar la resistencia de unión al microcizallamiento de cerámica feldespática acondicionadas con ácido fluorhídrico sometida a la aplicación de ácido fosfórico como método de remoción según tipo, método y tiempo.

### **V.2 Objetivo específicos**

1. Evaluar la resistencia de unión al microcizallamiento de cerámica feldespática acondicionadas con ácido fluorhídrico sometida a la aplicación de ácido fosfórico como método de remoción según tipo.
2. Evaluar la resistencia de unión al microcizallamiento de cerámica feldespática acondicionadas con ácido fluorhídrico sometida a la aplicación de ácido fosfórico como método de remoción según método.
3. Evaluar la resistencia de unión al microcizallamiento de cerámica feldespática acondicionadas con ácido fluorhídrico sometida a la aplicación de ácido fosfórico como método de remoción según tiempo.

## **VI. METODOLOGÍA**

### **VI.1 Diseño del estudio**

La investigación fue de tipo experimental *in vitro*, comparativo.

### **VI.2 Muestra**

Se elaboraron discos de cerámica feldespática (IPS Classic, Ivoclar - Vivadent; Schaan, Liechtenstein) de 10 mm de diámetro por 2 mm de altura. Los grupos experimentales que se evaluaron fueron:

GC: Sin tratamiento de remoción con ácido fosfórico.

Ultradent – NA 30 s: Ácido fosfórico Ultradent al 37 %, no activado por 30 s.

Ultradent – NA 60 s: Ácido fosfórico Ultradent al 37 %, no activado por 60 s.

Ultradent – NA 90 s: Ácido fosfórico Ultradent al 37 %, no activado por 90 s.

Ultradent – A 30 s: Ácido fosfórico Ultradent al 37 %, activado por 30 s.

Ultradent – A 60 s: Ácido fosfórico Ultradent al 37 %, activado por 60 s.

Ultradent – A 90 s: Ácido fosfórico Ultradent al 37 %, activado por 90 s.

Primedental – NA 30 s: Ácido fosfórico Prime dental al 37%, no activado por 30s.

Primedental – NA 60 s: Ácido fosfórico Prime dental al 37%, no activado por 60s.

Primedental – NA 90 s: Ácido fosfórico Prime dental al 37%, no activado por 90s.

Primedental – A 30 s: Ácido fosfórico Prime dental al 37 %, activado por 30 s.

Primedental – A 60 s: Ácido fosfórico Prime dental al 37 %, activado por 60 s.

Primedental – A 90 s: Ácido fosfórico Prime dental al 37 %, activado por 90 s.

Para determinar el tamaño muestral se realizó una prueba piloto basados en el estudio de Giraldo *et al.* <sup>7</sup>; el tamaño muestral se calculó usando la fórmula de comparación de medias con la ayuda del programa estadístico Epidat 4.0. Los resultados del piloto se calcularon con un nivel de confianza del 95 %, fue calculado un tamaño de muestra de 11, sin embargo se decidió trabajar con un n=15 por las posibles pérdidas que pueden haber al momento de realizar las pruebas.

### **VI.3 Operacionalización de variables**

Resistencia de Unión: Fuerza que mantiene dos estructuras de diferentes compuestos unidos. Operacionalmente es el valor de la fuerza necesaria para producir una falla en la adhesión entre la cerámica y la resina. Variable Cualitativa. Unidad de medida MPa.

Técnica de aplicación del ácido fosfórico: Método de aplicación de ácido con activación y sin activación. Variable cualitativa, nominal, dicotómica.

Indicadores: Aplicación activa y no activa.

Tipo de ácido fosfórico: Ácido fosfórico de diferentes marcas, con y sin presencia de sílica en su composición. Variable cualitativa, nominal, dicotómica.

Indicadores: Ultradent o Primedental.



Tiempo de exposición del ácido fosfórico: Colocación del ácido fosfórico con 30 s, 60 s, 90 s. Variable cuantitativa, nominal, dicotómica.

Indicadores: Aplicación por 30 s, aplicación por 60 s, aplicación por 90 s.

El cuadro de operacionalización de variables se puede observar en el Anexo 1.

#### **VI.4 Procedimientos y Técnicas**

Se confeccionaron discos de cerámica feldespática (IPS Classic, Ivoclar - Vivadent®; Schaan, Liechtenstein, color dentina 210) con las siguientes dimensiones iniciales 12.5 mm de diámetro y 2.6 mm de altura, los cuales se realizaron sobre un patrón de acrílico; la mezcla de polvo/líquido se hicieron de acuerdo a las recomendaciones del fabricante, teniendo en cuenta el 20 % de contracción después de la sinterización de la cerámica feldespática. Todos los discos se sinterizaron en un horno de porcelana (Pro 200 Series Furnace, Whipmix; KY, USA) previamente calibrado. Se obtuvieron discos de cerámica feldespática de 12 mm de diámetro y 2 mm de altura. Las muestras se pulieron por ambos lados con puntas diamantadas tronco cónica (838L – Jota, Switzerland) para poder obtener las muestras estandarizadas.

Los discos de cerámica feldespática se insertaron dentro de un tubo PVC (Matusita, Tigre S.A.; Lima, Perú) con las siguientes medidas, 10 mm de alto y 20 mm de diámetro. Estabilizadas con acrílico autocurado transparente (Vitacryl; A. Tarrillo Barba S.A., Lima, Perú), para asegurarse que el disco no sufra movimiento producto de la polimerización del acrílico se fijó con cinta adhesiva de doble contacto (TopEx; Lima, Perú), una vez polimerizado el acrílico se repasó la superficie del disco de

cerámica con papel de carburo silicio de 80-1/0, 100-2/0 y 120-3/0 de granulación (Asalite, P400A-5305, Perú) de 10 x 10 cm, utilizando abundante agua frotando de extremo a extremo 10 veces por cada papel.

Los discos de cerámica feldespática se sometieron a un grabado con ácido fluorhídrico al 9 % (Porcelain Etch; Ultradent, Utah, USA) por 90 s, luego de esto el material fue retirado con un chorro de agua por 20 s y se secó ligeramente con un chorro de aire.

Los discos fueron asignados en trece grupos, los cuales estuvieron distribuidos de la siguiente forma:

Grupo (GC): No se aplicó ningún método de remoción con ácido fosfórico.

Grupo (Ultradent – NA 30 s): Se aplicó con la ayuda de un microbrush ácido fosfórico al 37% (Ultra Etch;Ultradent, Utah, USA) durante 30 s sin realizar frotación, se lavó con agua por 20 s y se secó con chorro de aire.

Grupo (Ultradent – NA 60 s): Se aplicó con la ayuda de un microbrush ácido fosfórico al 37% (Ultra Etch;Ultradent, Utah, USA) durante 60 s sin realizar frotación, se lavó con agua por 20 s y se secó con chorro de aire.

Grupo (Ultradent – NA 90 s): Se aplicó con la ayuda de un microbrush ácido fosfórico al 37% (Ultra Etch;Ultradent, Utah, USA) durante 90 s sin realizar frotación, se lavó con agua por 20 s y se secó con chorro de aire.

Grupo (Ultradent – A 30 s): Se aplicó con la ayuda de un microbrush ácido fosfórico al 37% (Ultra Etch;Ultradent, Utah, USA) durante 30 s realizando frotación, se lavó con agua por 20 s y se secó con chorro de aire.

Grupo (Ultradent – A 60 s): Se aplicó con la ayuda de un microbrush ácido fosfórico al 37% (Ultra Etch;Ultradent, Utah, USA) durante 60 s realizando frotación, se lavó con agua por 20 s y se secó con chorro de aire.

Grupo (Ultradent – A 90 s): Se aplicó con la ayuda de un microbrush ácido fosfórico al 37% (Ultra Etch;Ultradent, Utah, USA) durante 90 s realizando frotación, se lavó con agua por 20 s y se secó con chorro de aire.

Grupo (Prime Dental - NA 30 s): Se aplicó con la ayuda de un microbrush ácido fosfórico al 37 % (Prime Dental; Chicago, Il, USA) durante 30 s sin realizar frotación, se lavó con agua por 20 s y secó con chorro de aire.

Grupo (Prime Dental - NA 60 s): Se aplicó con la ayuda de un microbrush ácido fosfórico al 37 % (Prime Dental; Chicago, Il, USA) durante 60 s sin realizar frotación, se lavó con agua por 20 s y secó con chorro de aire.

Grupo (Prime Dental - NA 90 s): Se aplicó con la ayuda de un microbrush ácido fosfórico al 37 % (Prime Dental; Chicago, Il, USA) durante 90 s sin realizar frotación, se lavó con agua por 20 s y secó con chorro de aire.

Grupo (Prime Dental – A 30 s): Se aplicó con la ayuda de un microbrush ácido fosfórico al 37 % (Prime Dental; Chicago, Il, USA) durante 30 s realizando frotación constante, se lavó con agua por 20 s y secó con chorro de aire.

Grupo (Prime Dental – A 60 s): Se aplicó con la ayuda de un microbrush ácido fosfórico al 37 % (Prime Dental; Chicago, Il, USA) durante 60 s realizando frotación constante, se lavó con agua por 20 s y secó con chorro de aire.

Grupo (Prime Dental – A 90 s): Se aplicó con la ayuda de un microbrush ácido fosfórico al 37 % (Prime Dental; Chicago, IL, USA) durante 90 s realizando frotación constante, se lavó con agua por 20 s y secó con chorro de aire.

Después de estos procedimientos se aplicó Silano (Silano Ultradent; Utah, USA) con la ayuda de un microbrush sobre la superficie del disco de cerámica dejando reposar por 60 s y con la ayuda de una jeringa triple se aplicó aire por 15 s. Luego de ese procedimiento se aplicó el adhesivo (Adper Single Bond 2, 3M™ ESPE™; St. Paul, NM, USA) con la ayuda de un microbrush realizando una frotación constante sobre la superficie, se polimerizó por 40 s, de acuerdo a las indicaciones del fabricante, con una lámpara de fotoactivado LED de 1000 mW/cm<sup>2</sup> (Led D, Guilin Woodpecker Medical Instrument Co, China) previamente calibrada, manteniendo la fuente de la luz en íntimo contacto con la superficie de la cerámica.

Se confeccionaron con la ayuda de un tygon (Agiocath BD; Cundinamarca, Colombia) de 2 mm de altura con 0.8 mm de diámetro, un cilindro de resina (Filtek Flow Z350, 3M™ ESPE™; St. Paul, NM, USA) los cuales fueron posicionado sobre la superficie de los discos de cerámica, realizando una presión constante los primeros 10 s y fotoactivando por 40 s con una lámpara de foto curado LED de 1000 mW/cm<sup>2</sup> (Led D, Guilin Woodpecker Medical Instrument Co, China), asegurándonos que entre cada cilindro se encuentre 2 mm de distancia y evitando la sobre exposición a la luz de la lámpara de los cilindros ya fotoactivados cubriéndolos con papel de aluminio y colocando en el fondo de los especímenes un paño negro que absorbería la luz.

Terminando la fotoactivación de los cilindros de resina se procedieron a cortar el recubrimiento de silicona de los cilindros con la ayuda de una hoja de bisturí N° 11, se uso una hoja de bisturí nueva por cada dos cilindros. Se distribuyeron las muestras en sus respectivos grupos, etiquetándolas con un marcador indeleble en la parte lateral, de acuerdo al grupo que representaba.

Los discos de cerámica fueron sometidos a las pruebas de micro cizallamiento a las 24 h de haber sido cementados los cilindros de resina, siendo almacenados en suero fisiológico a temperatura ambiente. Las pruebas se realizaron en una máquina de ensayo semi universal (OM100-Odeme Dental Research; Brasil) a una velocidad constante de 0.75mm/min con la ayuda de un alambre de ortodoncia de 0.70 mm doblado en 8 haciendo dos giros a nivel del dobléz (Morelli Ortodontia; Brasil). Las pruebas fueron realizadas en el laboratorio de investigación de la Clínica Docente Asistencial de la Universidad Peruana Cayetano Heredia – Sede Salaverry. Todas las pruebas se realizaron por el investigador en un solo día, previa capacitación por parte de un experto. Los datos fueron registrados en una tabla para posteriormente realizar el analisis estadístico.

#### **VI.5 Consideraciones éticas**

El estudio fue registrado en el Comité Institucional de ética de la Universidad Peruana Cayetano Heredia. Los resultados se presentaron con total veracidad de acuerdo a lo encontrado.

## **VI.6 Plan de análisis**

Se realizó un análisis descriptivo obteniendo los promedios y desviación estándar de la resistencia de unión según los grupos analizados. Se empleó el programa estadístico SPSS v. 24.0. Se evaluó la normalidad de los datos con la prueba de Shapiro Wilk. Los datos presentaron una distribución normal por lo que fueron analizados realizando la prueba de ANOVA de una vía, para determinar la diferencia entre grupos se realizó el análisis Post hoc de Tukey. El estudio se realizó tomando en cuenta un nivel de confianza de 95 % y un  $p < 0.05$ .

## VII. RESULTADOS

La cerámica feldespática acondicionada con ácido fluorhídrico, con método de remoción activo del ácido fosfórico al 37 % Total Etch (Ultra Etch;Ultradent, Utah, USA) por 90 s, registró el valor más alto de resistencia de unión ( $9.70\pm 2.45$  MPa) con una diferencia estadísticamente significativa con todos los demás grupos evaluados ( $p < 0.05$ ).

Independientemente de los parámetros evaluados, el grupo control presentó la mayor resistencia de unión (14.82 MPa), es decir, aplicar el ácido fosfórico al 37% como método de remoción del ácido fluorhídrico disminuyó los valores de resistencia de unión a cerámicas feldespáticas ( $p > 0.05$ ). La tabla de resultados se puede observar en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Evaluación de la resistencia de unión de una cerámica feldespática según tipo, método y tiempo de aplicación de ácido fosfórico.

Tipos de Ácido	Método de Aplicación	TIEMPO			Grupo Control
		30s	60s	90s	
Ultradent	No Activo	6.13 ± 4.08 <sup>A</sup>	6.05 ± 2.16 <sup>A</sup>	7.24 ± 2.72 <sup>A</sup>	14.82 ± 5.84 <sup>C</sup>
	Activo	6.22 ± 2.69 <sup>A</sup>	6.06 ± 3.61 <sup>A</sup>	9.70 ± 2.45 <sup>B</sup>	
Prime Dental	No Activo	5.96 ± 3.08 <sup>A</sup>	7.80 ± 3.21 <sup>A</sup>	5.04 ± 2.20 <sup>A</sup>	
	Activo	5.52 ± 2.89 <sup>A</sup>	5.11 ± 3.29 <sup>A</sup>	4.17 ± 2.62 <sup>A</sup>	
Sin Ácido					



## VIII. DISCUSIÓN

Uno de los métodos para aumentar la unión micromecánica de las restauraciones cerámicas es mediante la aplicación de ácido fluorhídrico en la superficie, el ácido disuelve selectivamente los componentes vítreos o cristalinos, produciendo una superficie más porosa y rugosa que facilitará la penetración del cemento resinoso. Sin embargo, la acción del ácido fluorhídrico forma compuestos residuales que obliteran estas retenciones provocando un factor negativo en la resistencia de unión.<sup>23,24,25,26,27</sup>

En la presente investigación se utilizó ácido fosfórico al 37% como método de remoción de estos residuos. Referente al campo industrial este ácido es utilizado como un excelente catalizador, aumentando la velocidad de reacción sobre los metales no oxidables, asimismo, es usado para eliminar el óxido al reaccionar con metales cuya ionización es baja, liberando fácilmente electrones para formar cationes.<sup>28</sup> En odontología, el ácido fosfórico es utilizado para limpiar superficies y aumentar la energía superficial de las restauraciones, optimizando la atracción del cemento a las restauraciones.<sup>29,30,31</sup>

Los resultados de la presente investigación mostraron que usar ácido fosfórico como método de remoción generó los menores valores de resistencia de unión sobre la cerámica feldespática, independientemente del tipo de ácido fosfórico, método o tiempo de aplicación, es decir, el grupo que no fue tratado con ácido fosfórico (grupo control) la resistencia de unión fue mayor ( $14.82 \pm 5.84$  MPa). Este resultado podría estar relacionado a los subproductos residuales provenientes del ácido fosfórico; Onisor *et al*<sup>27</sup> en el 2014, realizaron un análisis químico mediante una espectrometría

de dispersión de energía de rayos X (EDX) sobre la superficie una cerámica feldespática. Encontraron restos de sodio, potasio, calcio y aluminio, componentes comunes de la cerámica feldespática, además encontraron flúor en las muestras que fueron acondicionadas con ácido fluorhídrico y fosfato en las muestras que fueron acondicionadas con ácido fosfórico, compuestos químicos que interfieren en la acción química del silano.

Los resultados de la presente investigación se contraponen a los resultados de Steinhauser *et al.* <sup>21</sup>, quienes no encontraron diferencias significativas entre lavar el HF con spray de agua/aire durante 1 min (20.34 MPa), inmersión en baño ultrasónico por 5 min (18.63 MPa), ácido fosfórico por 1 min/lavado con agua un minuto (16.99 MPa) y un minuto de lavado e inmersión de baño ultrasónico con ácido fosfórico por 5 min (14.80 MPa). Se observa una diferencia al comparar las muestras que fueron aplicadas ácido fosfórico por un minuto y las lavadas con agua, esta diferencia está relacionada al tiempo de lavado. En el presente estudio las muestras fueron lavadas por 20 s mientras que Steinhauser *et al.* emplearon 60 s. Sin embargo, al momento de realizar la evaluación por el estereomicroscopio, a un menor aumento, se evidenció áreas oscuras relacionadas a residuos de ácido fosfórico, en el grupo en el que el ácido fosfórico solo se lavó con agua por un minuto. A un mayor aumento observaron una superficie con aspecto granular o arenosa debido a la exposición del ácido fosfórico sobre la superficie de la cerámica, como no se empleó lavado ultrasónico entonces los residuos no fueron retirados.

Cabe mencionar que en el proceso de adhesión, la resistencia de unión aumenta cuando se acondiciona la superficie de la cerámica con ácido fluorhídrico y se aplica

silano, esta acción aumenta la energía superficial y la humectabilidad de la de la cerámica, disminuyendo el ángulo de contacto entre la superficie de la cerámica y el cemento resinoso.<sup>32</sup>

El silano es un agente de unión que se encuentra diluido y disuelto en etanol y agua, es activado por un ácido para formar silanol (-SiOH). La reacción química consiste en una serie de reacciones en cadena, el primer paso, rápido y reversible, produce una liberación de protones a un grupo alcoxi en un medio ácido (pH 4). Cuando se realiza un acondicionamiento de la superficie con ácido fluorhídrico se forma en la superficie grupos hidrolizados que promueven la interacción con el agente de unión del silano formando de enlaces de hidrógeno. Matinlinna JP *et al.*,<sup>33</sup> realizaron una revisión sobre el mecanismo de adhesión del silano, mencionando la importancia del pH en la hidroxilación del silano. Teniendo en cuenta esta información, al momento de utilizar el ácido fosfórico (pH 1.5) en las muestras, podría acidificarse la superficie de la cerámica y afectar la hidrólisis del silano. Asimismo, Peumans *et al.*<sup>34</sup> en el 2000, concluyeron que los sistemas de silanización de un solo componente, que contienen alcohol o acetona como vehículo, necesitarían de una acidificación previa de la superficie para iniciar la reacción química, recomendando el uso de ácido fluorhídrico el cual ofrecía el pH ideal.

Por otro lado, la presencia de una superficie húmeda en una cerámica feldespática afectaría la resistencia de unión al cemento resinoso, debido a la disminución de la adhesión del silano. Según Bruzi *et al.*<sup>35</sup> encontraron menores valores de resistencia de unión en superficies cerámicas que fueron lavadas y secadas con agua a temperatura ambiente. La aplicación de silano induce la formación de una interfaz

compleja con tres capas distintas. La capa más cercana al sustrato es una monocapa de silano de acoplamiento, la única capa necesaria para una unión óptima al sustrato. Adicionalmente está cubierta por dos capas de oligómeros, una primera capa capaz de hidrolizarse solo con agua caliente y una segunda capa de oligómeros débilmente unidos que pueden eliminarse con agua a temperatura ambiente.<sup>36</sup> Esas dos capas externas parecen debilitar la interfaz debido a su sensibilidad a los ataques hidrotermales. La monocapa reacciona químicamente (enlace covalente de siloxano) y puede resistir ataques hidrotermales. El secar con aire caliente el silano parece consolidar las tres regiones, facilitando y estabilizando el enlace de siloxano. La permanencia de agua sobre la superficie de la cerámica puede eliminar o diluir oligómeros del silano necesarios para cumplir con la función de acoplamiento al cemento resinoso. Corazza PH *et al.*<sup>37</sup> recomiendan controlar la humedad siempre y cuando este se encuentre a temperatura, pues a esta temperatura se podría ver afectada las propiedades de adhesión del silano.

Con el presente estudio se encontró que el tipo de ácido fosfórico influyó en los resultados así el ácido fosfórico al 37 % (Prime Dental; Chicago, IL, USA) presentó los valores de resistencia de unión más bajo del estudio (4.17 MPa), esto podría estar relacionado a que este ácido carece de sílica dentro de su composición. La sílica es un material que actúa como agente desecante y su ausencia actuaría de forma negativa en la formación de la cadena de oligómeros del silano.<sup>25, 32</sup>

El método de remoción activo ha sido empleado para mejorar la adhesión de los materiales dentales. En la presente investigación, el método de remoción activa con ácido fosfórico Ultradent por 90 s ( $9.70 \pm 2.45$ ) obtuvo el mayor valor de resistencia de unión. Giraldo *et al.*<sup>7</sup> encontró valores significativamente mayores cuando

empleo ácido fosfórico con el método de remoción activado, concluyendo que frotar el ácido con una microbrush sobre la superficie de la cerámica, permitiría una mayor penetración y contacto con los residuales, facilitando la remoción. Cabe resaltar que Giraldo *et al* emplearon cerámica de disilicato de litio y en la presente investigación se empleó cerámica feldespática.

Por otro lado, en el presente estudio no fue significativa esta diferencia, es probable que el método de confección de la cerámica feldespática disminuiría la cantidad de residuos provocados sobre la superficie en comparación a otras técnicas de confección. Onisor *et al* <sup>27</sup> en el 2014, utilizaron muestras de cerámicas feldespáticas confeccionadas mediante dos técnicas, la primera muestra se confeccionó en un troquel refractario y otra fue confeccionada en una lámina de platino; ambas muestras fueron acondicionadas con ácido fluorhídrico al 9 % por dos minutos y lavadas con agua por 30 s para ser evaluados con un espectrómetro de energía dispersiva de rayos X, encontraron que las muestras que se realizaron mediante la técnica de troquel refractario presentó una capa gruesa de residuales difícil de remover ni siquiera cuando se utilizó baño ultrasónicos y ácido fosfórico. Sin embargo, en las muestras que se realizaron en una lámina de platino no se encontraron residuos, relacionando los residuos con la técnica de modelo refractario.

Más estudios deben de realizarse para poder entender la influencia del ácido fosfórico en el aumento de la acidez, creación de residuos y cantidad de agua en la superficie de la cerámica.

## **IX. CONCLUSIONES**

- La aplicación de ácido fosfórico independientemente del tipo disminuye la resistencia de unión de la cerámica feldespática acondicionada con ácido fluorhídrico.
- La aplicación de ácido fosfórico independientemente del método disminuye la resistencia de unión de la cerámica feldespática acondicionada con ácido fluorhídrico.
- La aplicación de ácido fosfórico independientemente del tiempo de exposición disminuye la resistencia de unión de la cerámica feldespática acondicionada con ácido fluorhídrico.

## **X. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda realizar un estudio donde se evalúe la acidez de la superficie de una cerámica feldespática antes y después de haber sido sometida a una técnica de remoción con ácido fosfórico al 37 %.
- Se sugiere realizar un análisis de dispersión de energía de rayos X para evaluar los residuos generados por el ácido fosfórico.
- Se recomienda realizar estudios donde se evalúe la resistencia de unión de cerámica feldespática confeccionadas troquel refractario, bloques o inyectadas.
- Se recomienda realizar estudios donde se evalúe la resistencia de unión con otros métodos de remoción, como en diferentes porcentajes de ácido fosfórico.

## XI. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Henostroza G. Adhesión en Odontología Restauradora. Curitiba-Brasil. Maio; 2003.
2. Montagna F. Cerámicas, Zirconio y CAD/CAM. Amolca; 2013.
3. Albers H. Odontología estética: selección y colocación de materiales. Barcelona. Labor; 1988: 75-85.
4. Duarte S. Quintessence of dental technology 2016. Quintessence Publishing; 2016 27-36
5. Canay S, Hersek N, Ertan A. Effect of different acid treatments on a porcelain surface. J Oral Rehabil 2001; 28: 95-101.
6. Al Jeaidi ZA. Influence of post-etch crystalline residue on the bond strength of Lithium Disilicate Ceramic an in vitro study. Journal the Pakistan Dental Association 2016; 25(2) Apr-Jun: 76-80.
7. Giraldo TC, Villada VR, Castillo MP, Gomes OM, Bittencourt BF, Dominguez JA. Active and Passive Application of the phosphoric acid on the Bond strength of lithium disilicate. Braz Dental J. 2016; 27(1): 90-4
8. Martins ME, Leite FP, Queiroz JR, Vanderlei AD, Reskalla HN, Ozcan M. Does the Ultrasonic Cleaning Medium Affect the Adhesion of Resin Cement to Feldspathic Ceramic? J Adhes Dent. 2012; 14: 507-9.
9. Ricardo L. Materiales Dentales. Fundamentos para su estudio. 2nd ed. Médica Panamericana; 1993.
10. Baratieri L. Operatoria Dental. Procedimientos Preventivos y Restauradores. Primera Ed. Brasil. Quintessence. 1993.
11. Gracis S, Thompson VP, Ferencz JL, Silva NR, Bonfante EA. A New Classification System for All-Ceramic and Ceramic-Like Restorative Materials. Int J Prosthodont. 2015 May-Jun; 28(3): 227-35.
12. Yavuz T, Özyilmaz ÖY, Dilber E, Tobi ES, Kiliç HS. Effect of Different Surface Treatments on Porcelain Resin Bond Strength. J Prosthodont. 2017 Jul; 26(5): 446-454.
13. Jones GE, Boksman L, McConell RJ. Effect of etching technique on the clinical performance of porcelain veneers. Quintessence Dent Technol 1986 Nov-Dec; 10(10): 635-7
14. Dilber E, Yavuz T, Kara HB, Ozturk AN. Comparison of the effects of surface treatments on roughness of two ceramic systems. Photomed Laser Surg. 2012 Jun; 30(6): 308-14.
15. Ozcan M, Vallittu PK. Effect of surface conditioning methods on the bond strength of luting cement to ceramics. Dent Mater 2003 Dec; 19(8): 725-31
16. Shiu P, De Souza-Zaroni WC, Eduardo C de P, Youssef MN. Effect of feldspathic ceramic surface treatments on bond strength to resin cement. Photomed Laser Surg. 2007 Aug; 25(4): 291-6.
17. Zavanelli AC, Dekon SFC, Silva CR, Pesqueira AA, Costa PS, Takeshita EM. Efeito dos tratamentos superficiais para reparo em cerâmica avaliacao por meio da microscopia electrónica de barredura. Cienc. Odontol Bras. 2006 Jul-Set; 9(3):66-72.
18. Saavedra G, Ariki EK, Federico CD, Galhano G, Zamboni S, Baldissara P, Valandro LF. Effect of acid neutralization and mechanical cycling on the microtensile bond strength of glass-ceramic inlays. Oper Dent. 2009 Mar-Apr; 34(2):211-6.



19. Malheiros AS, Fialho FP, Tavares RRJ. Cerâmicas ácido resistentes: a busca por cimentação resinosa adesiva. *Cerâmica*. 2013; 59: 124-8.
20. Magne P, Cascione D. Influence of post-etching cleaning and connecting porcelain on the microtensile bond strength of composite resin to feldspathic porcelain. *J Prosthet Dent*. 2006 Nov; 96(5): 354-61.
21. Steinhäuser HC, Tursff CP, Franca FM, Amaral FL, Basting RT. Micro-shear bond strength and surface micromorphology of a feldspathic ceramic treated with different cleaning methods after hydrofluoric acid etching. *J Appl Oral Sci*. 2014 Apr; 22(2): 85-90.
22. Belli R, Guimarães JC, Filho AM, Vieira LC. Post-etching cleaning and resin/ceramic bonding: microtensile bond strength and EDX analysis. *J Adhes Dent* 2010 Aug; 12(4): 295-303.
23. Lawson NC, Burgess JO. Dental Ceramics: a current review. *Compend Contin Educ Dent*. 2014 Mar; 35(3): 161-6.
24. Zamorano Pino X, Valenzuela V, Peña V, Saul C. Micromorfologia superficial de 2 cerâmicas grabables tratadas con diferentes ácidos. *Rev Clin Periodoncia Implantes y Rehabilitacion Oral*. 2016; 9(1): 30-5.
25. Cotes C, de Carvalho RF, Kimpára ET, Leite FP, Ozcan M. Can heat treatment procedures of pre-hydrolyzed silane replace hydrofluoric acid in the adhesion of resin cement to feldspathic ceramic?. *J Adhes Dent*. 2013 Dec; 15(6): 569-74.
26. Brentel AS, Ozcan M, Valandro LF, Alarça LG, Amaral R, Bottino MA. Microtensile bond strength of a resin cement to feldspathic ceramic after different etching and silanization regimens in dry and aged conditions. *Dent Mater*. 2007 Nov; 23(11): 1323-31.
27. Onisor I, Rocca GT, Krejci I. Micromorphology of ceramic etching pattern for two CAD-CAM and one conventional feldspathic porcelain and need for post etching cleaning. *Int J Esthet Dent*. 2014 Spring; 9(1): 54-69.
28. NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM)[Internet]. [Consultado 20 Dic 2018]. Disponible en: <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2014-151/pdfs/methods/7908.pdf>
29. Hayakawa T, Horie K, Aida M, Kanaya H, Kobayashi T, Murata Y. The influence of surface conditions and silane agents on the bond of resin to dental porcelain. *Dent Mater*. 1992 Jul; 8(4):238-40.
30. Suarez D, Garcia C, Velazco G, Ortiz R. Analisis ultraestructural del tejido adamantino vs polimero de obturacion directa. *Odous Cientifica*. 2010 Julio-Diciembre; 11(2):6-16.
31. Bacchi A, Cavalcante LM, Scheneider LF, Consani RL. Reparos em restaurações de resina composta-revisão de literatura. *RFO* 2010 Set-Dez; 15(3):331-5.
32. Kamada K, Yoshida K, Atsuta M. Effect of ceramic surface treatments on the bond of four resin luting agents to a ceramic material. *J Prosthet Dent*. 1998 May; 79(5): 508-13.
33. Matinlinna JP, Lung CYK, Tsoi JKH. Silane adhesion mechanism in dental applications and surface treatments: A review. *Dent Mater*. 2018 Jan; 34(1): 13-28.
34. Peumans M, Van Meerbeek B, Lambrechts P, Vanherle G. Porcelain Veneers: A review of the literature. *Journal of Dentistry*. 2000; 28: 163-177.
35. Bruzi G, Carvalho A, Giannini M, Pires H, Magne P. Post-etching cleaning influences the resin shear bond strength to CAD/CAM lithium disilicate ceramics. *Appl Adhes Sci*. 2017; 5:17

36. Akyil M, Yilmaz A, Bayindir F, Yesil Z. Microtensile bond strength of resin cement to feldspathic ceramic. *Photomedicine and Laser surgery*. 2011; 29(3): 197-203.
37. Corazza PH, Cavalcanti SC, Queiroz JR, Bottino MA, Valandro LF, Effect of post silanization heat treatments of silanize feldspathic ceramic on adhesion to resin cement. *J Adhes Dent*. 2013 Oct; 15(5): 473-9.

**Anexo 1:** Cuadro de operacionalización de variables

<b>Variable</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Tipo</b>	<b>Escala de medición</b>	<b>Valores y categorías</b>
<b>Resistencia de unión</b>	Fuerza que mantiene dos estructuras de diferentes compuestos unidos	Valor de la fuerza necesaria para producir una falla en la adhesión de la restauración.	Nivel de resistencia adhesiva medida en MPa	Cuantitativa	Continua	MPa
<b>Método de aplicación</b>	Método de aplicación del ácido fosfórico sobre la superficie de la cerámica feldespática.	Colocación del ácido fosfórico con y sin frotación durante la aplicación	Superficie con activación y sin activación durante la aplicación	Cualitativa	Nominal Dicotómica	No activa Activa
<b>Tipo de ácido</b>	Tipo de ácido fosfórico al 37%	Marca de ácido fosfórico al 37% utilizado.	Marca de ácido fosfórico al 37%	Cualitativa	Nominal Dicotómica	Ultradent Primedental
<b>Tiempo de exposición</b>	Tiempo de contacto del ácido fosfórico sobre la superficie de la cerámica feldespática	Colocación del ácido fosfórico en diferentes tiempos	Cantidad de segundo que el ácido fosfórico está en contacto	Cuantitativa	Nominal dicotómica	30 s 60 s 90 s