

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**EFFECTO DE PROTOCOLOS ADHESIVOS EN LA
ADAPTACION MARGINAL Y RESISTENCIA
ADHESIVA DE RESINA COMPUESTA EN ACCESOS
ENDONDONTICOS SIMULADOS EN
RESTAURACIONES DE CIRCONIA (3Y-TZP)**

Trabajo final de investigación aplicada sometido a la consideración de la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Odontología para optar al grado y título de Maestría Profesional en Odontología con énfasis en Prostodoncia.

ANA BELÉN BARRANTES QUESADA

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica

2023

DEDICATORIA

A Dios y a la Vida.

A todas las personas que me han acompañado y apoyado de manera directa o indirecta en este proceso, a mi papá Juan Barrantes mi ejemplo a seguir y a Juan José mi apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

A los Doctores, Fabián Murillo, David Lafuente, Mauricio Montero y Daniel Chavarría, por su guía, apoyo e interés en este estudio. Gracias por motivar y promover la investigación en los estudiantes.

AL Dr. Elian Conejo del Centro de Investigación en Ciencias Atómicas, Nucleares y Moleculares (CICANUM) y a Reinaldo Pereira del Laboratorio Nacional de Nanotecnología (LANOTEC).

“Este trabajo de final de investigación aplicada fue aceptado por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Odontología de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado y título de Maestría Profesional en Odontología con énfasis en Prostodoncia.”

Ph.D. Daniel Chavarría Bolaños **Representante de la
Decana del Sistema de Estudios de Posgrado**

M.Sc. Mauricio Montero Aguilar
Director de Tesis

Ph.D. Fabián Murillo Gómez Asesor
Asesor

M.Sc. David Lafuente Marín
Asesor

M.Sc. Tatiana Vargas Koudriavtsev
Representante del Programa del Posgrado en Prostodoncia

Ana Belén Barrantes Quesada
Sustentante



**SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO
TRABAJO FINAL DE INVESTIGACIÓN APLICADA
Acta 2743-2023**

El día 16 de mayo de 2023, **Ana Belén Barrantes Quesada**, carné universitario **A70886**; estudiante de la Maestría Profesional en Odontología con énfasis en Prostodoncia,

Mención Honorífica Aprobó Reprobó

su Trabajo Final de Investigación Aplicada con el proyecto titulado: **“Efecto de protocolos adhesivos en la adaptación marginal y resistencia adhesiva de resina compuesta en accesos endodónticos simulados en restauraciones de circonia (3Y-TZP)”**

TRIBUNAL EXAMINADOR

Nombre	Firma	No. Cédula
PhD. Daniel Chavarría Bolaños Representante de la Decana Sistema de Estudios de Posgrado		111420889
M.Sc. Mauricio Montero Aguilar Director		109900997
M.Sc. David Lafuente Marín Asesor		106890659
PhD. Fabián Murillo Gómez Asesor		113070372
Mag. Tatiana Vargas Koudriavtsev Representante del Director del Programa de Posgrado		11210 0400
POSTULANTE Ana Belén Barrantes Quesada Estudiante		5-0369-0011

Observaciones:

Nota: En cada caso, firmarán el acta solamente los responsables de la actividad descrita.



TABLA DE CONTENIDO

PORTADA	
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
TABLA DE CONTENIDO	vi
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
ÍNDICE DE CUADROS	x
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
LISTA DE ABREVIATURAS	xiii
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	3
2.1 Circonia	3
2.2 Coronas de óxido de circonio	6
2.3 Protocolos adhesivos para la circonia	7
2.4 Fresas para corte de óxido de circonio	10
2.5 Planteamiento del problema	11
2.6 Justificación	11
CAPÍTULO 3. MARCO METODOLÓGICO	12
3.1 Pregunta de investigación	12
3.2 Objetivos del estudio	12
3.2.1 Objetivo General	12
3.2.2 Objetivos Específicos	12
3.3 Hipótesis	13
3.3.1 Hipótesis nula	13
3.3.2 Hipótesis alterna	13
3.4 Diseño del estudio	13
3.5 Variable dependiente	14
3.6 Variable independiente	16
3.7 Consideraciones éticas	17

3.8 Lugares donde se desarrolla la investigación	17
<i>CAPÍTULO 4. MARCO EXPERIMENTAL</i>	18
4.1 Estudio piloto	18
4.2 Selección de la muestra	19
4.3 Metodología de preparación de los especímenes	20
4.3.1 Preparación de muestras utilizadas en la prueba de resistencia adhesiva.	20
4.3.2 Preparación de muestras utilizadas en la prueba de microfiltración	24
4.4 Prueba de adhesión	27
4.5 Evaluación de las muestras posterior a la prueba de resistencia adhesiva con estereomicroscopio	28
4.6 Prueba de microfiltración	29
4.7 Evaluación de las muestras posterior a la prueba de microfiltración con microscopía electrónica de barrido	29
4.8 Análisis de los datos y procedimientos estadísticos	30
4.8.1 Variable Resistencia Adhesiva	30
4.8.1 Variable Microfiltración	30
<i>CAPÍTULO 5. RESULTADOS</i>	31
5.1 Prueba de adhesión	31
5.2 Evaluación de las muestras posterior a la prueba de resistencia adhesiva con estereomicroscopio	33
5.3 Prueba de microfiltración	36
5.4 Evaluación de las muestras posterior a la prueba de microfiltración con microscopía electrónica de barrido	37
<i>CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN</i>	42
6.1 Sobre la variable resistencia adhesiva	42
6.2 Sobre el tipo de falla	45
6.3 Sobre la variable microfiltración	46
6.4 Sobre la morfología de las muestras evaluadas mediante SEM	48
6.5 Sobre las limitaciones del estudio	50
<i>CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES</i>	51
<i>CAPÍTULO 8. REFERENCIAS</i>	52

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de protocolos adhesivos en la adaptación marginal y la resistencia adhesiva de resina compuesta en accesos endodónticos simulados en restauraciones de circonia (3Y-TZP).

Métodos: cuarenta muestras de circonia de 10x10x1,6mm fueron fabricadas y asignadas aleatoriamente a 4 grupos experimentales (n:10). Se perforó un orificio de acceso con una fresa paralela de diamante de 1,6 mm. Los protocolos adhesivos aplicados fueron: monobond (M), monobond+heliobond (MH), Z-Prime (Z) y Z-Prime+heliobond (ZH). Después de aplicar cada protocolo adhesivo siguiendo las indicaciones del fabricante, la resina compuesta se fotopolimerizó según las instrucciones del fabricante (1.000 mW/cm²/10s). Para evaluar la microfiltración de la interfase resina-circonia, se seleccionó el método de permeabilidad al gas usando un dispositivo previamente personalizado conocido como Evaluador Automático de Microfiltración (EMA) (número de patente pendiente 01/2017-000075). Luego, 80 muestras de óxido de circonia de 10x10x2mm fueron asignadas a 5 grupos experimentales (n:16), y se realizaron orificios de acceso (1,6mm de diámetro) utilizando la fresa de diamante cónica de 1,6mm. Los protocolos adhesivos utilizados fueron: control (C), M, MH, Z y ZH. La resina compuesta se fotopolimerizó (1000 mW/cm²/10 s) y la resistencia de la unión se midió usando una máquina de prueba universal para efectuar la prueba de push out. Las muestras probadas representativas fueron evaluadas por SEM. Los datos de resistencia de unión se evaluaron mediante pruebas de ANOVA/Tukey y los datos de filtración con la prueba de Kruskal-Wallis/sum-rank. La significación estadística se estableció en $\alpha=0,05$.

Resultados: los grupos M y MH mostraron valores estadísticamente más altos de microfiltración (64,310 % y 60,505 % respectivamente) que ZH (0,130 %), mientras que Z (39,9 %) no resultó significativamente diferente de ningún otro grupo.

En cuanto a los resultados de resistencia adhesiva, los valores más altos los obtuvieron MH (42,68 ± 7,53), M (37,37 ± 13,09) y ZH (34,95 ± 12,23), mientras que el grupo control mostró el valor de resistencia adhesiva significativamente más bajo C (25,56 ± 9,27), Z (28,18 ± 8,00) solo mostró un valor de resistencia adhesiva significativamente más bajo que MH (42,68 ± 7,53).

Se concluye que el uso de ambos primers con MDP aumenta la resistencia adhesiva en comparación con el grupo control y la aplicación de heliobond mejora aún más la resistencia adhesiva. La aplicación de Z-Prime seguida de heliobond fue el grupo que logró un mayor sellado marginal periférico.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effect of different adhesive protocols on marginal adaptation and bond strength of composite resin in simulated endodontic accesses on zirconia restorations (3Y-TZP).

Methods: Forty 10x10x1,6mm zirconia samples were manufactured and randomly assigned to 4 experimental groups (n:10). An access hole was drilled with a 1,6mm parallel diamond bur. The adhesive protocols applied were: monobond (M), monobond+heliobond (MH), Z-Prime (Z), and Z-Prime+heliobond (ZH). After each adhesive protocol was applied following the manufacturer's indications, resin composite was photopolymerized according to manufacturers' instructions (1.000 mW/cm² /10s). To evaluate the microleakage of the resin-zirconia interface, the gas permeability method was selected using a previously customized device known as the Automatic Microleakage Evaluator (EMA) (pending patent number 01/2017-000075). Then, 80 zirconia samples 10x10x2mm were assigned to 5 experimental groups (n:16), and access holes (1,6mm diameter) were made using the 1,6mm conical diamond bur. The adhesive protocols used were: control (C), M, MH, Z, and ZH. Resin composite was light-cured (1.000 mW/cm² /10s), and bond strength was measured using a universal testing machine to measure the push-out test. Representative tested samples were evaluated by SEM. Bond strength data were evaluated by ANOVA/Tukey tests, and infiltration data with Kruskal-Wallis/sum-rank test. Statistical significance was established at $\alpha=0,05$.

Results: M and MH groups showed statistically higher values of microleakage (64.310% and 60.505% respectively) than ZH (0.130%), while Z (39.9%) resulted not significantly different from any other group.

Regarding bond strength results the highest values were obtained by MH ($42,68 \pm 7,53$), M ($37,37 \pm 13,09$) and ZH ($34,95 \pm 12,23$), while control group showed significant lowest bond strength value C ($25,56 \pm 9,27$), Z ($28,18 \pm 8,00$) only showed a significantly lower bond strength value than MH ($42,68 \pm 7,53$).

It is concluded that the use of both primers with MDP increases bond strength compared to the control group and the application of heliobond improves bond strength even more. The application of Z-Prime followed by heliobond was the group that achieved a greater marginal peripheral seal.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Definición conceptual y operacional de las variables dependientes	14
Cuadro 2. Definición conceptual y operacional des las variables independientes	16
Cuadro 3. Especificaciones de los materiales utilizados	23

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resistencia media de unión, desviación estándar (MPa)	31
Tabla 2. Cantidad y porcentaje del modo de falla de las muestras posterior a la prueba de resistencia adhesiva	33
Tabla 3. Medianas de los grupos con los diferentes tratamientos, rangos entre los cuartiles 1-3 e intervalos de confianza al 95%	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de la metodología de la prueba de resistencia adhesiva utilizada en el estudio	20
Figura 2. Esquema de la metodología de la prueba de microfiltración utilizada en el estudio	24
Figura 3. Aditamento metálico utilizado para ajustar los especímenes en la prueba de push out	27
Figura 4. Resultados de resistencia Adhesiva (MPa), según el tipo de tratamiento realizado en la superficie de circonia	32
Figura 5. Modo de falla de las muestras posterior a Push out	34
Figura 6. Ilustración de los fallos en la adhesión más prevalentes en cada grupo, observados en Estereomicroscopio: a) tipo adhesivo, grupo Z; b) tipo cohesivo, grupo ZH; c) tipo adhesivo, grupo M; d) tipo mixto, grupo MH; e) tipo adhesivo, grupo C	35
Figura 7. Morfología de la circonia de una muestra seleccionada aleatoriamente donde se aplicó monobond como agente adhesivo para la resina, mediante SEM.	37
Figura 8. Morfología de la circonia de una muestra seleccionada aleatoriamente donde se aplicó monobond+heliobond como agente adhesivo para la resina, mediante SEM.	38
Figura 9. Morfología de la circonia de una muestra seleccionada aleatoriamente donde se aplicó Z-Prime como agente adhesivo para la resina, mediante SEM.	39
Figura 10. Morfología de la circonia de una muestra seleccionada aleatoriamente donde se aplicó Z-Prime +heliobond como agente adhesivo para la resina, mediante SEM.	40
Figura 11. Morfología de la circonia de una muestra seleccionada aleatoriamente donde no se aplicó agente adhesivo para la resina, mediante SEM.	41

LISTA DE ABREVIATURAS

10-MDP: 10-Metacriloiloxidecil Dihidrógeno Fosfato.

Y-TZP: Policristal de Circonia Tetragonal estabilizado con Itria.

Al₂O₃: Óxido de Aluminio.

APA: Partículas de Óxido de Aluminio.

SEM: Microscopía Electrónica de Barrido.

EMA: Evaluador Automático de Microfiltración.

M: Monobond N.

Z: Z-Prime.

MH: Monobond+Heliobond.

ZH: Z-Prime+Heliobond.

C: Control.



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

SEP Sistema de
Estudios de Posgrado

Autorización para digitalización y comunicación pública de Trabajos Finales de Graduación del Sistema de Estudios de Posgrado en el Repositorio Institucional de la Universidad de Costa Rica.

Yo, Ana Belén Barrantes Quesada, con cédula de identidad 5 0364 0011, en micondición de autor del TFG titulado Efecto de protocolos adhesivos en la adaptación marginal y resistencia adhesiva de resina compuesta en accesos endodónticos simulados en restauraciones de circonia (3Y-TZP)

Autorizo a la Universidad de Costa Rica para digitalizar y hacer divulgación pública de forma gratuita de dicho TFG a través del Repositorio Institucional u otro medio electrónico, para ser puesto a disposición del público según lo que establezca el Sistema de Estudios de Posgrado. SI. NO *

*En caso de la negativa favor indicar el tiempo de restricción: _____ año (s).

Este Trabajo Final de Graduación será publicado en formato PDF, o en el formato que en el momento se establezca, de tal forma que el acceso al mismo sea libre, con el fin de permitir la consulta e impresión, pero no su modificación.

Manifiesto que mi Trabajo Final de Graduación fue debidamente subido al sistema digital Kerwá y su contenido corresponde al documento original que sirvió para la obtención de mi título, y que su información no infringe ni violenta ningún derecho a terceros. El TFG además cuenta con el visto bueno de mi Director (a) de Tesis o Tutor (a) y cumplió con lo establecido en la revisión del Formato por parte del Sistema de Estudios de Posgrado.

FIRMA ESTUDIANTE

Nota: El presente documento constituye una declaración jurada, cuyos alcances aseguran a la Universidad, que su contenido sea tomado como cierto. Su importancia radica en que permite abreviar procedimientos administrativos, y al mismo tiempo genera una responsabilidad legal para que quien declare contrario a la verdad de lo que manifiesta, puede como consecuencia, enfrentar un proceso penal por delito de perjurio, tipificado en el artículo 318 de nuestro Código Penal. Lo anterior implica que el estudiante se vea forzado a realizar su mayor esfuerzo para que no sólo incluya información veraz en la Licencia de Publicación, sino que también realice diligentemente la gestión de subir el documento correcto en la plataforma digital Kerwá.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

Debido a su alta biocompatibilidad y potencial estético, los materiales de cerámica libres de metal son una alternativa adecuada a las restauraciones con base de metal para muchas indicaciones dentro de la odontología restauradora (1).

El uso de la circonia en prótesis dentales fijas ha venido en incremento en los últimos años, aplicar el mejor protocolo adhesivo para cada situación clínica es un tema relevante en odontología.

En algunas ocasiones el clínico decide realizar tratamientos de conducto a través de coronas, para el paciente cambiar la corona puede ser un problema funcional y estético, para el clínico reemplazar la corona representa un procedimiento laborioso que involucra una inversión grande de tiempo y dinero, mientras que reparar el acceso endodóntico intraoralmente puede ser un tratamiento más aceptable, es un método fácil, rápido y más económico.

Se han descrito diferentes métodos y protocolos para lograr superficies adheribles sobre circonia, la literatura respalda que la implementación de técnicas que generen retención mecánica seguida de tratamientos químicos modifica las propiedades de Y-TZP y mejoran la resistencia adhesiva a la estructura subyacente (2,3).

En la actualidad no hay evidencia para apoyar un protocolo de adhesión universal a la circonia, sin embargo, uno de los métodos de pretratamiento de circonia con más evidencia en la literatura es el arenado con partículas de óxido de aluminio. Posterior a la implementación de acondicionamientos físico-químicos se puede esperar un incremento en la adhesión entre cementos resinosos y el óxido de circonio (4).

Cuando ocurre algún tipo de fractura en la circonia que expone la misma, se pueden realizar reparaciones de emergencia, para esto se utiliza un primer para circonia, agente adhesivo y resina compuesta (4,5).

En términos de enlace químico, el 10-Metacriloiloxidecil dihidrógeno fosfato (10-MDP) se ha utilizado ampliamente como agente de acoplamiento para el enlace Y-TZP. El acondicionamiento químico con MDP tiene como objetivo crear una superficie Y-TZP "reactiva" que facilite la unión química entre los grupos fosfato en el MDP y los grupos óxido en la superficie Y-TZP (2,6).

El 10-MDP es un monómero funcional desarrollado por la empresa Kuraray en el año 1981, este monómero fosfatado tiene alta capacidad adhesiva a la estructura dental y afinidad por los iones metálicos.

Esta afinidad por los iones metálicos le permite a este monómero unirse químicamente al esmalte y a la dentina a través del enlace iónico con el calcio que se encuentra en la hidroxiapatita.

A su vez el grupo fosfato de la molécula le confiere afinidad por la circonia que, aunque es una cerámica dental contiene óxidos metálicos permitiendo así la adhesión química.

Por otro lado, el grupo metacrilato del MDP es el encargado de promover la adhesión a la resina.

El Heliobond es un agente adhesivo fotopolimerizable que según las indicaciones del fabricante puede ser utilizado como capa de unión para la reparación de restauraciones de resina compuesta, coronas y puentes.

Un porcentaje importante de los tratamientos de conducto se realizan a través de coronas, por esta razón una vez realizado acceso endodóntico simulado, se desea evaluar el efecto de diferentes protocolos adhesivos en la adaptación marginal y resistencia adhesiva de circonia (Y-TZP) con resina compuesta y así poder determinar si es necesario cambiar las coronas de circonia en lugar de restaurarlas.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1 Circonia

La cerámica dental más fuerte es la circonia y las restauraciones a base de este material se utilizan ampliamente en odontología, ocupando un papel cada vez más importante, gracias a sus excelentes características mecánicas y biocompatibles (4,6).

En el mercado odontológico actual se observa una tendencia hacia las restauraciones monolíticas. Las principales razones de elegir este tipo de restauraciones van de la mano con menores costos de fabricación, mayor confiabilidad (módulo de Weibull mejorado) y espesores reducidos, lo que lleva a preparaciones menos invasivas (1,7).

La circonia puede existir teóricamente en tres formas cristalinas dependiendo de la composición y temperatura: monoclinica, tetragonal y cúbica.

La zircona pura es monoclinica a temperatura ambiente. Esta fase es estable hasta 1170 ° C. Por encima de esta temperatura se transforma en tetragonal y luego en fase cúbica en 2370 ° C (8).

Los materiales de circonia se pueden dividir actualmente en cuatro tipos o generaciones según sus propiedades mecánicas y ópticas (1). La variante más utilizada es Y-TZP (policristal de circonio tetragonal estabilizado con itria) (7).

La primera generación: policristales tetragonales de circonia estabilizados con 3% en moles (3Y-TZP) y 0,25w% de óxido de aluminio (Al_2O_3), posee una excelente biocompatibilidad y una resistencia a la flexión de más de 1.000 MPa. Esta circonia se utiliza generalmente como material de infraestructura o soporte de cerámica, también como alternativa a los pilares e implantes de titanio.

La circonia policristalina estabilizada con 3-mol de trióxido de Itrio en fase tetragonal (3Y-TZP) se ha convertido en la cerámica dental básica para algunas restauraciones protésicas, esto debido a que las propiedades mecánicas permiten su uso con espesores de pared mínimos y para restauraciones de unidades múltiples (9). Sin embargo, debido a su alta opacidad y la apariencia óptica comprometida, la circonia de primera generación está indicada principalmente para la fabricación de estructuras que se recubrirán manualmente, así como para la producción de pilares híbridos en restauraciones con implantes (1).

Segunda generación: policristales tetragonales de circonia estabilizados con 3% en moles (3Y-TZP) con contenido reducido de alúmina (0,05w%).

Las circonias de segunda generación son adecuadas para restauraciones posteriores no así para coronas anteriores donde la demanda estética es más alta, en un intento por mejorar la cerámica monolítica con translucidez aceptable, el procesamiento de esta segunda generación 3Y-TZP se refinó en gran medida al reducir drásticamente la concentración de aditivo de alúmina (Al_2O_3), eliminar la porosidad al sinterizar a una temperatura más alta (1600°C) y se ampliaron los tiempos de mantenimiento. Esto condujo a una modesta mejora en la translucidez (1,10)

Tercera generación: policristales tetragonales de circonia estabilizados con 5% en moles de itrio (5Y-TZP) y 0,05w% de Al_2O_3 .

Se introdujo en 2015 y se describe como una circonia totalmente estabilizada con microestructura cúbico-tetragonal, denominada coloquialmente circonia cúbica. El contenido cúbico asciende aproximadamente al 50%. Debido a que los cristales cúbicos son más grandes que los cristales tetragonales, la luz que se transmite a través de las restauraciones atraviesa menos límites y porosidades que podrían causar refracciones.

Un aumento del contenido de itria (Y_2O_3) al 5% en moles conduce entonces a una mejora adicional en la translucidez de la circonia, sin embargo, el aumento de la cantidad de cristales cúbicos tiene un impacto negativo en las propiedades mecánicas tales como resistencia a la fractura (1).

La mayoría de los fabricantes recomiendan la circonia de tercera generación, para la producción de restauraciones de un solo diente y puentes de hasta tres unidades no más allá de la región del premolar (1).

Cuarta generación: policristales tetragonales de circonia estabilizados con 4-mol% -yttria (4Y-TZP) y 0,05w% de Al_2O_3 .

En el 2017 se introdujo la cuarta generación de óxido de circonio. En comparación con la tercera generación, el contenido de itria se redujo al 4% en moles, lo que condujo a una mejora de las propiedades mecánicas con una reducción combinada de sus propiedades ópticas de luz. Dependiendo del fabricante, el óxido de circonio de cuarta generación está indicado para unidades fijas múltiples de corto alcance (1).

Para facilitar la imitación del gradiente de color de los dientes naturales se desarrollaron para las diferentes generaciones de circonia piezas en bruto de óxido de circonio multicapa o degradadas (11).

Estas piezas consisten, por ejemplo, en un cuerpo de circonia de cuarta generación (4Y-TZP) para garantizar una estabilidad ligeramente mayor, y se selecciona un material de tercera generación (5Y-TZP) con mayor translucidez para el área incisal logrando propiedades ópticas mejoradas. En el mercado actual los fabricantes ofrecen diferentes combinaciones y formas de mezcla (1).

En el presente estudio la marca de circonia utilizada fue Argen Z Esthetic, este material es un policristal de circonio tetragonal estabilizado con itria, la mayoría de las compañías proporcionan un porcentaje en peso de circonia en lugar de un porcentaje en moles, Argen muestra una comparación entre los 2 sistemas para Argen Z Esthetic 3-mol% -yttria (3Y-TZP) equivalen a 5.5 porcentaje en peso.

2.2 Coronas de óxido de circonio

Existe variedad de aplicaciones clínicas entre estas las coronas. La implementación del CAD / CAM ofrece estandarización, resultando esto en un flujo de trabajo predecible y confiable que se puede aplicar en restauraciones dentales dentosoportadas (12).

Según Larsson & Wennerberg, en las coronas dentosoportadas de circonia, las complicaciones más comunes fueron la pérdida de retención, tratamiento endodóntico, fracturas de material de recubrimiento y sangrado al sondaje (13).

Uno de los desafíos de realizar tratamientos de conducto radicular a través de una corona existente es determinar cómo sellar la apertura de acceso, ya sea colocando un material restaurador directo o rehaciendo toda la restauración (14).

Desde hace varios años atrás encuestas han indicado que muchos clínicos prefieren dejar la reparación del acceso endodóntico en la corona como restauración definitiva (15).

El acceso endodóntico a través de coronas monolíticas de cerámica puede inducir daños por astillado o un inicio significativo de grietas que, en última instancia, podría resultar en una falla catastrófica de la corona (14).

En la literatura se reporta que alrededor de un 6% de las coronas unitarias a base de circonia realizadas sobre dientes vitales requieren tratamiento endodóntico a los 3 años (16). Más recientemente se reporta que un 8,6% de las coronas realizadas en circonia requieren tratamiento endodóntico a los 7 años (17).

2.3 Protocolos adhesivos para la circonia

El Glosario de términos Prostodónticos en su novena edición define adhesión como la propiedad de permanecer cerca, como la resultante de la atracción física de moléculas a una sustancia o atracción molecular existente entre las superficies de los cuerpos en contacto (18).

Los resultados de la revisión sistemática de pruebas de laboratorio realizada por Papia muestran que existen grandes variaciones entre los tratamientos superficiales para las cerámicas de óxido y los diferentes métodos de prueba que evalúan la resistencia de unión entre las cerámicas de óxido y los sistemas de cemento adhesivo, lo que dificulta la comparación de estudios (19).

Varios métodos de tratamiento y modificación de superficies se han descrito, estos métodos se pueden dividir en técnicas abrasivas, como esmerilado y/o pulido (brocas de diamante y/o papel de carburo de silicio de varios granos). La abrasión por partículas en el aire, también definida como arenado, se puede llevar a cabo utilizando partículas de óxido de aluminio o partículas de nitruro de boro o diamante con diferentes tamaños de partículas.

Revestimiento de la superficie, como el recubrimiento triboquímico de sílice, que es un tratamiento superficial que forma una capa de sílice por medio de la abrasión de partículas en el aire utilizando partículas especiales de alúmina recubiertas de sílice y la subsecuente aplicación de una solución a base de metacrilato de silano para lograr unir el material con un cemento resinoso. Se subdivide en tratamiento superficial combinado, rugosidad mecánica y revestimiento superficial.

Tratamiento láser, la superficie de la cerámica de óxido se irradia con diferentes láseres (láser con dióxido de carbono (CO₂), granate de itrio y aluminio dopado con neodimio (Nd:YAG) o granate de itrio y aluminio dopado con erbio (Er:YAG) para hacer rugosa la superficie, lo que crea un enclavamiento micromecánico.

Tratamiento ácido, el tratamiento con ácido fluorhídrico o fosfórico antes de la cementación es el tratamiento con ácido más común, algunos estudios, el tratamiento con ácido se incluye en el procedimiento de cementación como método de limpieza y no como un tratamiento de superficie per se para este tipo de material (19).

Los primer son soluciones que contienen monómeros hidrofílicos solubles en un solvente como acetona, etanol o agua (20). Un monómero de este tipo se compone de tres componentes: un grupo funcional polimerizable que puede reaccionar durante la polimerización, un grupo promotor de la adhesión que puede unirse al adherente y puede consistir en un átomo de azufre, carboxilato o grupo fosfato, y un grupo de conexión, que actúa como enlace (5).

El 10-Metacriloiloxidecil dihidrógeno fosfato (10-MDP) es un primer utilizado ampliamente como agente de acoplamiento para el enlace Y-TZP (2,19).

El monómero MDP contiene un grupo de éster de fosfato y un grupo de metacrilato y promueve los enlaces químicos con las cerámicas a base de óxidos metálicos, que son duraderos a largo plazo en condiciones clínicas (21).

La investigación se ha centrado en el desarrollo de diferentes estrategias adhesivas para lograr la unión a la circonia.

Los tipos de tratamiento mayormente utilizados son en general mecánico y químico. Mecánico por medio de abrasión por partículas de óxido de aluminio (APA) y químico mediante la aplicación de primers como agentes de fijación que contienen 10-Metacriloiloxidecil dihidrógeno fosfato.

Como variación se introdujo el revestimiento triboquímico, el cual consiste en recubrir con sílice el óxido de aluminio en busca de poder utilizar agentes químicos de unión como el silano (22).

Existe una evidencia clínica sobre el uso de abrasión por aire con partículas de alúmina para limpiar y dar rugosidad a la superficie de unión y el uso posterior de resinas de cementación que contienen MDP dan como resultado una unión duradera tanto para cerámicas de alúmina infiltrada con vidrio como para la circonia (21).

Wolfart en su investigación muestra mejores resultados en términos de resistencia adhesiva a la circonia al combinar el método mecánico y químico, mediante el arenado con partículas de óxido de aluminio sumado a la aplicación de cementos resinosos en cuya composición se encuentra el MDP (23).

En concordancia con lo mencionado, Blatz en su estudio explica como imprimadores específicos que contienen monómeros de fosfato adhesivos, es decir, MDP, tienen la capacidad de humedecer mejor las superficies ligeramente rugosas y proporcionar una resistencia de unión superior a largo plazo (24).

Como ayuda didáctica para nombrar el procedimiento anteriormente descrito, en el 2016 Blatz propone el concepto de unión de circonia de APC, el mismo se basa en cómo lograr resistencias de unión duraderas a largo plazo para cerámicas de alta resistencia, e incluye tres pasos prácticos: (A) abrasión por partículas de aire, (P) imprimación de circonia y (C) resina compuesta adhesiva (24).

2.4 Fresas para corte de óxido de circonio

Las fresas dentales pueden presentar diferentes formas, tamaños y número de hojas. Las fresas están constituidas de tres partes: a) parte activa o cabeza: posee capacidad de corte mediante un número variable de hojas o cuchillas, que giran en sentido horario y pueden ser de diferentes materiales (diamante, carburo de tungsteno, etc.); b) cuello: une la parte activa con el mango; c) mango o vástago que es una pieza cilíndrica, de acero inoxidable, que se inserta en el instrumento rotatorio (25).

A pesar de que la eficacia de corte de las brocas de grano fino para remover circonia muestra una eficiencia reducida si se compara con brocas de grano fino de diamante convencionales, las fresas de grano fino para remover óxido de circonio se deben utilizar para el ajuste o acceso endodóntico (26). Por otro lado Peters en su estudio compara la eficiencia de corte de diversas fresas y concluye que las fresas de diamante son significativamente más eficaces para cortar prótesis dentales de circonia en comparación con las fresas de carburo de tungsteno, además si se hace una comparación en la eficiencia de corte de la fresa de diamante de banda azul y las fresas de corte de circonio, no hay diferencia estadística (27).

2.5 Planteamiento del problema

Al realizar un acceso endodóntico a través de una corona de óxido de circonio, el cual genera cambio en el material, es importante conocer cuál protocolo adhesivo permite una mejor adhesión y selle con el material de obturación resinoso y reducir así la posibilidad de complicaciones posteriores al tratamiento de conducto.

Cabe mencionar que no se puede comparar esto con el sellado que se realiza en restauraciones implantosoportadas donde el canal de acceso al tornillo se realiza previo a la sinterización.

2.6 Justificación

Este estudio in vitro permitirá conocer cuál protocolo adhesivo ofrece valores más elevados de resistencia adhesiva y selle marginal. Esto es relevante clínicamente ya que la óptima adaptación marginal de la resina utilizada como material obturador disminuye el riesgo de microfiltración bacteriana y consecuente fracaso del tratamiento endodóntico realizado a través de coronas de circonia.

CAPÍTULO 3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Pregunta de investigación

¿Cuál protocolo adhesivo de circonia (3Y-TZP) con resina compuesta genera valores más elevados de resistencia adhesiva y cómo influyen estos protocolos adhesivos en la adaptación marginal al utilizar resina compuesta como material obturador posterior a realizar un acceso endodóntico?

3.2 Objetivos del estudio

3.2.1 Objetivo General

Evaluar el efecto de protocolos adhesivos en la adaptación marginal y la resistencia adhesiva de resina compuesta en accesos endodónticos simulados en restauraciones de circonia (3Y-TZP).

3.2.2 Objetivos Específicos

1. Comparar la resistencia adhesiva de la resina a la superficie de óxido de circonio utilizando diferentes protocolos adhesivos por medio de la prueba de resistencia adhesiva tipo Push Out, en una máquina de prueba universal.
2. Clasificar cualitativamente el tipo de fallo en la superficie de óxido de circonio después de realizar la prueba de resistencia adhesiva tipo Push Out, mediante Estereomicroscopio.
3. Evaluar la adaptación marginal de la resina compuesta y el óxido de circonio utilizando distintos protocolos adhesivos, mediante la técnica de microfiltración por permeabilidad de gases.
4. Comparar cualitativamente la morfología en la circonia posterior a realizar la técnica por permeabilidad de gases, mediante SEM.

3.3 Hipótesis

3.3.1 Hipótesis nula

HO: No existe diferencia en la resistencia adhesiva ni en la microfiltración entre la resina compuesta y el óxido de circonio al utilizar distintos protocolos adhesivos.

3.3.2 Hipótesis alterna

Hi: Existe diferencia en la resistencia adhesiva y en la microfiltración entre la resina compuesta y el óxido de circonio al utilizar distintos protocolos adhesivos.

3.4 Diseño del estudio

Esta investigación se clasifica como un estudio experimental In Vitro.

3.5 Variable dependiente

Cuadro 1. Definición conceptual y operacional de las variables dependientes

Nombre de la Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Escala de medición
Resistencia adhesiva	La resistencia requerida para romper un ensamblaje unido con una falla que ocurre en o cerca de la interfase adhesivo / adherente.	Prueba de Push Out, utilizando la máquina de prueba universal, en donde la muestra se posiciona en el dispositivo de resistencia adhesiva y se carga en (Mpa) hasta que se produce el desplazamiento.	Cuantitativa continua
Tipo de Fallo	Análisis del tipo de fallo en muestras posterior a la prueba de resistencia adhesiva.	Mediante el Estereomicroscopio un investigador calibrado observa y clasifica el modo de fallo en: fallo adhesivo, fallo cohesivo o fallo mixto.	Cualitativa
Adaptación marginal	Porcentaje de filtración por permeabilidad de gas.	Cambio de presión entre dos cámaras mediante el flujo de nitrógeno inyectado a presión a través la interfase circonia-resina. Se mide en psi pero se reporta en % de filtración.	Cuantitativa continua
Variaciones en la morfología de las muestras	Descripción de la morfología de las muestras posterior a realizar la técnica	La Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) trabaja con alto vacío, un haz de electrones dirigidos a través	Cualitativa

	por permeabilidad de gases.	de la columna llegan a la muestra, inciden en un volumen puntual de la muestra, lo que resulta en la transferencia de energía y provoca el desalojo de electrones de la muestra, los cuales son atraídos y recogidos por un detector con polarización positiva, y luego traducidos en una señal.	
--	-----------------------------	--	--

3.6 Variable independiente

Cuadro 2. Definición conceptual y operacional de las variables independientes

Nombre de la Variable		Definición conceptual	Definición operacional	Escala de medición
Tratamiento de superficie	Tipo de Primer	Resina hidrofílica de baja viscosidad que promueve la unión a un sustrato adherente.	Variable dicotómica, con Z-Prime o Monobond N.	M: monobond N Z: Z-Prime
	Aplicación o no de Heliobond	Agente adhesivo	Aplicación o no de agente adhesivo	Si No

3.7 Consideraciones éticas

Al ser un estudio experimental In Vitro en donde no se hará investigaciones en individuos humanos o muestras biológicas, no hay aspectos bioéticos a tomar en consideración

3.8 Lugares donde se desarrolla la investigación

Laboratorios y clínica odontológica de la sección de Posgrados en Odontología de la Universidad de Costa Rica.

Laboratorio de materiales de la Facultad de Odontología la Universidad de Costa Rica.

Centro de Investigación en Ciencias Atómicas, Nucleares y Moleculares (CICANUM), Universidad de Costa Rica.

Laboratorio Nacional de Nanotecnología (LANOTEC), Centro Nacional de Alta Tecnología, San José, Costa Rica.

CAPÍTULO 4. MARCO EXPERIMENTAL

4.1 Estudio piloto

Previo a la realización del estudio experimental In Vitro, se realizó un estudio piloto para el cual se confeccionaron 20 muestras de circonia sinterizada de 10x10x1,6mm, a estas muestras se les realizó un acceso endodóntico simulado con una broca de diamante paralela de 1.4mm de diámetro, se procedió a realizar arenado en la parte interna de la apertura con partículas de óxido de aluminio de 50micrones (μm) a una presión de 2 bar, a 10mm de distancia, durante 10s, posteriormente se limpiaron las muestras en ultrasónico con agua destilada durante 5 minutos.

Las muestras fueron asignadas aleatoriamente a 5 grupos experimentales (n:4). Los protocolos adhesivos utilizados fueron: control (C), monobond (M), monobond+heliobond (MH), Z-Prime (Z) y Z-Prime+heliobond (ZH), una vez realizado el protocolo adhesivo siguiendo las instrucciones del fabricante se procedió a sellar el acceso con resina compuesta y se fotopolimerizó (1000 mW/cm²/10 s).

Para la prueba de resistencia adhesiva se seleccionaron 10 muestras, 2 de cada grupo experimental, utilizando la máquina de prueba universal, mediante la prueba de push out se midió la resistencia adhesiva (Mpa).

Las 10 muestras restantes, 2 de cada grupo experimental se utilizaron para evaluar la microfiltración de la interfase resina-circonia, se seleccionó el método de permeabilidad al gas usando un dispositivo previamente personalizado conocido como Evaluador Automático de Microfiltración (EMA).

Con base en el estudio piloto se realizaron modificaciones para la investigación definitiva, se procedió a realizar aperturas con brocas nuevas de diamante paralelas de 1.4mm de diámetro (ISO 806 314 141 534 014), previo a la sinterización de las muestras.

Las muestras utilizadas para la prueba de resistencia adhesiva fueron de 10x10x2mm y se realizaron 4 aperturas en cada muestra, posterior al sinterizado se amplió la apertura con brocas nuevas de diamante paralelas de 1.6 mm de diámetro (ISO 806 314 141 524 016).

Las muestras utilizadas para la prueba de microfiltración fueron de 10x10x1,6mm, se realizó 1 apertura en cada muestra, posterior al sinterizado se amplió la apertura con brocas nuevas de diamante troncocónicas de 2.1mm en su diámetro mayor (ISO 806 314 171 534 021).

4.2 Selección de la muestra

Para la prueba de resistencia adhesiva se seleccionaron 16 muestras de óxido de circonio de 10x10x2mm y se realizaron 4 aperturas en cada muestra, para un total de 80 muestras.

Para la prueba de microfiltración se seleccionaron 10 muestras de de circonia de 10x10x1,6mm, se realizó una apertura en cada muestra, para un total de 40 muestras.

4.3 Metodología de preparación de los especímenes

4.3.1 Preparación de muestras utilizadas en la prueba de resistencia adhesiva.

En la figura 1 se presenta un esquema de la metodología utilizada para la preparación de los especímenes usados en la prueba de resistencia adhesiva, la cual se detalla a continuación.

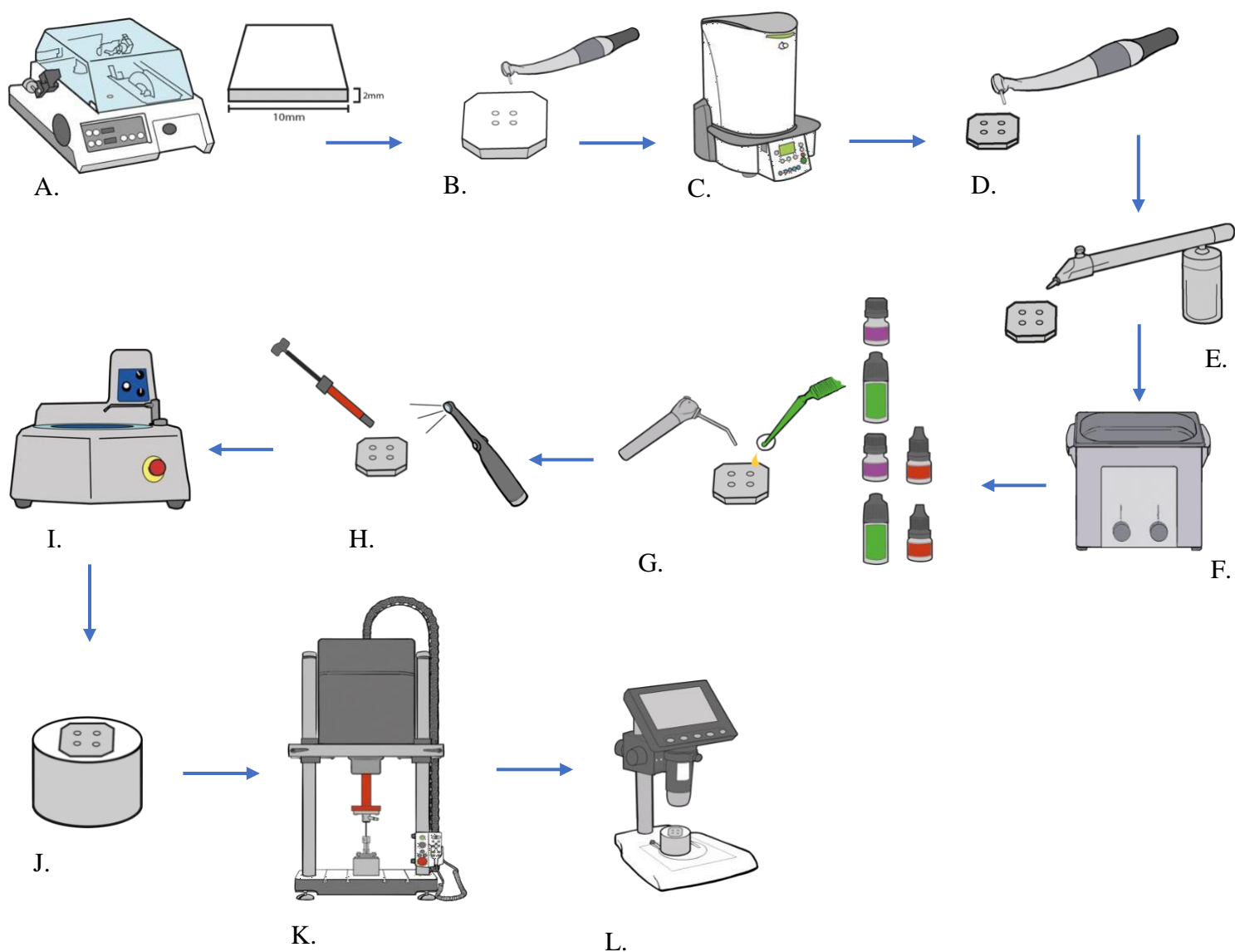


Figura 1. Esquema de la metodología de la prueba de resistencia adhesiva utilizada en el estudio.

- A. Muestras de circonia Argen Z Esthetic cortadas con un disco diamantado utilizando la cortadora IsoMet 1000.
- B. Apertura con fresa SSWhite de diamante paralela de 1.4mm de diámetro.
- C. Las muestras fueron sinterizadas siguiendo las indicaciones del fabricante en Programat CS4, Ivoclar Vivadent.
- D. Simulación de acceso endodóntico, fresa SSWhite de diamante paralela de 1.6mm de diámetro a 200.000 (rpm).
- E. Arenado con $50\mu\text{m Al}_2\text{O}_3$ a una presión de 2 bar, a 10mm de distancia, durante 10s.
- F. Los especímenes se colocan en agua destilada en el ultrasónico durante 5 minutos.
- G. Las muestras fueron asignadas aleatoriamente en 5 grupos, N:16, control (C), monobond (M), monobond+heliobond (MH), Z-Prime (Z), Z-Prime+heliobond (ZH).
- H. Empacado de resina compuesta y fotopolimerización a 1000 mW/cm^2 por 10 segundos.
- I. Pulido de las muestras con diferentes papeles de carburo de silicio utilizando la EcoMet™ 30.
- J. Embutido de las muestras en acrílico.
- K. Push Out, prueba de resistencia adhesiva.
- L. Análisis de tipo de falla con Estereomicroscopio.

A partir de discos de circonia Argen Z Esthetic de 98x25mm y utilizando la cortadora de precisión para preparación de muestras IsoMet 1000 de alta velocidad de la marca Buehler, se confeccionaron las muestras utilizadas para la prueba de resistencia adhesiva, lo anterior bajo irrigación constante. Previo a la sinterización de las muestras se realizaron aperturas con brocas SS WHITE nuevas de diamante paralelas de 1.4mm de diámetro (ISO 806 314 141 534 014). Para el proceso de sinterizado se utilizó el horno Programat CS4 de Ivoclar Vivadent y se realizó programación personalizada a una velocidad de calentamiento de $10\text{ }^\circ\text{C/min}$ hasta la temperatura final de $1525\text{ }^\circ\text{C}$ con un tiempo de mantenimiento de 120 minutos, y luego se enfrió a una velocidad de enfriamiento de $8,75\text{ }^\circ\text{C/min}$ hasta $1000\text{ }^\circ\text{C}$. las muestras se sinterizaron por un tiempo de (10 horas y 22 minutos).

Posterior al proceso de sinterización las muestras tenían dimensiones de 10x10x2mm, con brocas SS WHITE nuevas de diamante paralelas de 1.6mm de diámetro (ISO 806 314 141 524 016), se ampliaron los accesos endodónticos simulados, para el procedimiento de apertura de circonia pre sinterizada y sinterizada se utilizó el micromotor eléctrico y contra-ángulo 1:5, ambos de la marca W&H, lo anterior siempre bajo irrigación constante.

Utilizando el arenador intraoral ULTRA-BLASTER de ULTRADENT, se procedió a realizar arenado en la parte interna de la apertura con partículas de óxido de aluminio de 50micrones (μm) a una presión de 2 bar, a 10mm de distancia, durante 10s, posteriormente se limpiaron las muestras en ultrasónico, (Easyclean, Renfert,) con agua destilada durante 5 minutos.

Las muestras fueron asignadas aleatoriamente a 5 grupos experimentales (n:16). Los protocolos adhesivos utilizados fueron: control (C) no se aplicó ningún tratamiento, monobond (M), monobond+heliobond (MH), Z-Prime (Z) y Z-Prime+heliobond (ZH), una vez realizado el protocolo adhesivo siguiendo las instrucciones del fabricante se procedió a sellar el acceso con resina compuesta BRILLIANT™NG y se fotopolimerizó con una lámpara de fotocurado LED (VALO cordless), a una potencia estándar de 1000 mW/cm² por 10 segundos.

Utilizando la pulidora manual EcoMet™ 30 de la marca Buehler, cada espécimen se pulió con papel de carburo de silicio marca 3M (400, 600, 800, 1000, 1500 y 2000), durante 1 minuto en cada lija en forma de 8, de esta forma se eliminaron excesos de material y se regularizó la superficie, posteriormente se limpiaron las muestras en ultrasónico con agua destilada durante 1 minuto.

Lo siguiente que se ejecutó fue el embutido de las muestras en acrílico, para esto sobre una loseta de vidrio, se colocó vaselina en la placa y en el tubo de pvc de $\frac{3}{4}$ de pulgada, se puso cera utility alineada con los cilindros de resina, por encima de la altura del tubo para que sirviera de espaciador, quedara libre de acrílico y así no interfiriera en el desalojo del cilindro de resina durante la prueba de push-out. Se rellenó el tubo con acrílico teniendo cuidado de no cubrir la superficie superior del tubo logrando un fácil desalojo de las muestras embutidas

en el acrílico. El embutido de las muestras ayuda a garantizar la alineación correcta durante la configuración de una prueba.

Cuadro 3. Especificaciones de los materiales utilizados.

	Material	Composición	Fabricante y no. de lote
Circonia	ArgenZ Esthetic	ZrO ₂ 90.95%, Y ₂ O ₃ 4.5-6.0%, HfO ₂ ≤ 5% y Al ₂ O ₃ ≤ 0.5%.	ARGEN, San Diego, CA, USA. Z564888
Primer	Monobond N	Solución alcohólica de metacrilato de silano, metacrilato de ácido fosfórico y sulfuro metacrilato.	Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein. FLZ01Z4N
	Z-PRIME Plus	Etanol, Bisphenol A Diglycidyl Metacrilato, 2-hydroxyethyl methacrylate, Propietary, MDP.	BISCO, Schaumburg, IL, USA. 2000005131
Adhesivo	Heliobond	Bis-GMA (60% en peso) y Trietilenglicoldimetacrilato (40% en peso).	Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein. Z01HTN
Resina	BRILLIANT™NG	Metacrilatos, vidrio dental, sílice amorfo. diámetro medio de las partículas de relleno: 0.6 μm, distribución de las partículas de relleno: 0.01-2.5 μm. Contenido de relleno por volumen: 65%. Contenido de relleno por peso: 80%.	Coltene whaledent AG, Altstätten switzerland. K56924

4.3.2 Preparación de muestras utilizadas en la prueba de microfiltración

Para la prueba de microfiltración se determinó que no era necesario utilizar un grupo control (ningún tratamiento de superficie), porque en la variable resistencia adhesiva el grupo control dio valores muy bajos por lo que era previsible que este grupo iba a ser el que más filtraba y lo que se busca en esta investigación es una comparación de los tratamientos entre sí.

En la figura 2 se presenta un esquema de la metodología utilizada para la preparación de los especímenes usados en la prueba de microfiltración, la cual se detalla a continuación.

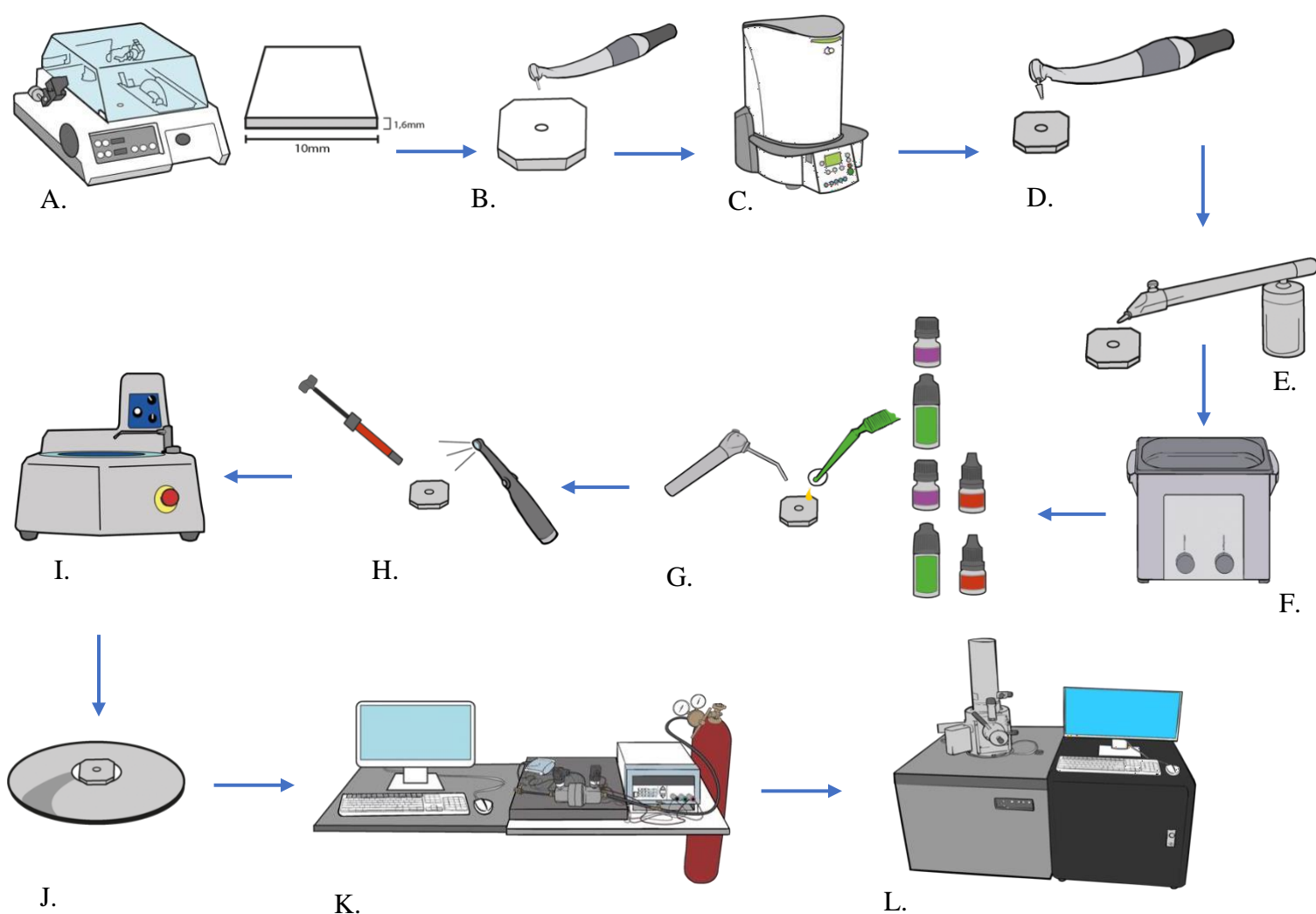


Figura 2. Esquema de la metodología de la prueba de microfiltración utilizada en el estudio.

- A. Muestras de circonia Argen Z Esthetic cortadas con un disco diamantado utilizando la cortadora IsoMet 1000.
- B. Apertura con fresa SSWhite de diamante paralela de 1.4mm de diámetro.
- C. Las muestras fueron sinterizadas siguiendo las indicaciones del fabricante en Programat CS4, Ivoclar Vivadent.
- D. Simulación de acceso endodóntico, fresa SSWhite de diamante paralela de 1.6mm de diámetro a 200.000 (rpm). Posterior al sinterizado se amplió la apertura con brocas nuevas de diamante troncocónicas de 2.1mm en su diámetro mayor.
- E. Arenado con $50\mu\text{m Al}_2\text{O}_3$ a una presión de 2 bar, a 10mm de distancia, durante 10s.
- F. Los especímenes se colocan en agua destilada en el ultrasónico durante 5 minutos.
- G. Las muestras fueron asignadas aleatoriamente en 4 grupos, N:10, M= monobond, MH= monobond+heliobond, Z= Z-Prime, ZH= Z-Prime+heliobond
- H. Empacado de resina compuesta y fotopolimerización a 1000 mW/cm^2 por 10 segundos.
- I. Pulido de las muestras con diferentes papeles de carburo de silicio utilizando la EcoMet™ 30.
- J. Montaje de las muestras en el porta muestras.
- K. Prueba de Microfiltración utilizando el EMA.
- L. Muestras probadas representativas fueron observadas por microscopía electrónica de barrido (SEM).

A partir de discos de circonia Argen Z Esthetic de 98x25mm y utilizando la cortadora de precisión para preparación de muestras IsoMet 1000 de alta velocidad de la marca Buehler, se confeccionaron las muestras utilizadas para la prueba de resistencia adhesiva, lo anterior bajo irrigación constante. Previo a la sinterización de las muestras se realizaron aperturas con brocas SS WHITE nuevas de diamante paralelas de 1.4mm de diámetro (ISO 806 314 141 534 014). Para el proceso de sinterizado se utilizó el horno Programat CS4 de Ivoclar Vivadent y se realizó programación personalizada a una velocidad de calentamiento de $10\text{ }^\circ\text{C/min}$ hasta la temperatura final de $1525\text{ }^\circ\text{C}$ con un tiempo de mantenimiento de 120 minutos, y luego se enfrió a una velocidad de enfriamiento de $8,75\text{ }^\circ\text{C/min}$ hasta $1000\text{ }^\circ\text{C}$. las muestras se sinterizaron por un tiempo de (10 horas y 22 minutos).

Posterior al proceso de sinterización las muestras tenían dimensiones de 10x10x1.6mm, con brocas SS WHITE nuevas de diamante troncocónicas de 2.1mm en su diámetro mayor (ISO 806 314 171 534 021), se ampliaron los accesos endodónticos simulados, para el procedimiento de apertura de circonia pre sinterizada y sinterizada se utilizó el micromotor eléctrico y contra-ángulo 1:5, ambos de la marca W&H, lo anterior siempre bajo irrigación constante.

Utilizando el arenador intraoral ULTRA-BLASTER de ULTRADENT, se procedió a realizar arenado en la parte interna de la apertura con partículas de óxido de aluminio de 50 micras (μm) a una presión de 2 bar, a 10mm de distancia, durante 10s, posteriormente se limpiaron las muestras en ultrasónico, (Easyclean, Renfert,) con agua destilada durante 5 minutos.

Las muestras fueron asignadas aleatoriamente a 4 grupos experimentales (n=10). Los protocolos adhesivos utilizados fueron: M= monobond, MH= monobond+heliobond, Z= Z-Prime y ZH= Z-Prime+heliobond, una vez realizado el protocolo adhesivo siguiendo las instrucciones del fabricante se procedió a sellar el acceso con resina compuesta BRILLIANT™MNG y se fotopolimerizó con una lámpara de fotocurado LED (VALO cordless), a una potencia estándar de 1000 mW/cm² por 10 segundos.

Utilizando la pulidora automática EcoMet™ 30 de la marca Buehler, cada espécimen se pulió con papel de carburo de silicio marca 3M (400, 600, 800, 1000, 1500 y 2000), durante 1 minuto en cada lija en forma de 8, de esta forma se eliminaron excesos de material y se regularizó la superficie, posteriormente se limpiaron las muestras en ultrasónico con agua destilada durante 1 minuto.

Lo siguiente que se ejecutó fue el montaje de los especímenes en el portamuestras, para esto se utilizó un anillo de acero inoxidable de altura 5mm, con un diámetro interno de 1 cm, las muestras se fijaron utilizando una resina epoxi metal/hormigón (Loctite, Düsseldorf, Alemania), para evitar que este cemento recubriera la superficie de las muestras a evaluar se colocaron puntas de gutapercha (dental stopping, HYGIENIC) y una vez endurecida la resina epoxi se removieron fácilmente.

4.4 Prueba de adhesión

Se midió la resistencia adhesiva de la resina a la superficie de óxido de circonio usando una máquina de prueba universal (Electropuls E3000, Instron, Norwood, MA, USA), mediante la prueba de push out.

Se ajustaron las muestras sobre un aditamento metálico y se usó una barra de metal cilíndrica de $\text{Ø}1.30 \pm 0.02$ mm (Figura 3), la prueba de push out se realizó a temperatura ambiente, aplicando una carga constante a una velocidad de 1mm/min hasta fallo.

La resistencia de la unión de la resina a la circonia en (MPa) se calculó a partir de la carga máxima de la falla utilizando la siguiente fórmula:

Resistencia de unión=Resistencia (carga sobre las muestras hasta el fallo) / Área (área del acceso endodóntico simulado).



Figura 3. Aditamento metálico utilizado para ajustar los especímenes en la prueba de push out.

4.5 Evaluación de las muestras posterior a la prueba de resistencia adhesiva con estereomicroscopio

Las superficies fracturadas se analizaron visualmente con un estereomicroscopio (DM2, Koolertron, Hong Kong) a 60x aumentos para determinar los modos de falla de las muestras.

Modo de falla, que se divide en 3 tipos.

(1) La falla adhesiva ocurre cuando la circonia y la resina compuesta no se adhieren entre sí. Esto ocurre cuando la superficie de óxido de circonio no tiene restos de resina compuesta.

(2) La falla cohesiva ocurre cuando la falla ocurre dentro de la resina compuesta. Esto ocurre cuando toda la superficie de la circonia está recubierta con resina compuesta.

(3) La falla mixta ocurre cuando las fallas adhesivas y cohesivas ocurren juntas. Esto sucede cuando un remanente de resina compuesta queda adherido a la superficie de circonio.

4.6 Prueba de microfiltración

Para evaluar la microfiltración de la interfase resina-circonia, se seleccionó el método de permeabilidad al gas usando un dispositivo previamente personalizado conocido como Evaluador Automático de Microfiltración (EMA) (número de patente pendiente 01/2017-000075) (28).

La máquina se compone de 2 cámaras, la muestra en estudio se colocó en medio de ellas. Una vez sellado el sistema en la cámara 1 entra el gas nitrógeno y un sensor piezoeléctrico detecta la presión de aire presente en la cámara. Si la segunda cámara experimenta un cambio en su presión, es porque ocurrió una filtración y el sensor de la cámara 2 registró los cambios de presión en caso que exista una fuga de gas a través de la interfase resina-circonia.

En la cámara 2 hay una manguera con una válvula de salida de gas, la información se registró gracias a un sensor que conecta el evaluador con una computadora.

Los parámetros definidos fueron inyectar nitrógeno a una presión de aproximadamente 40psi, todos los especímenes se corrieron por 668,7 segundos.

4.7 Evaluación de las muestras posterior a la prueba de microfiltración con microscopía electrónica de barrido

Las muestras se cubrieron mediante el cobertor iónico (Desk V, Denton Vacuum), se realizó recubrimiento metálico mediante pulverización catódica con 5nm de una fina capa de oro.

El método de montaje se realizó de la siguiente forma: rotulación, colocación de la muestra en un porta base y ajuste de la altura de la muestra por encima de la base.

Las muestras fueron observadas por microscopía electrónica de barrido (SEM) (JSM-6390LV, JEOL), muestras probadas representativas posterior a realizar la técnica por permeabilidad de gases fueron evaluadas cualitativamente a 40x, 500x y 2000x aumentos. Se utilizó una aceleración de voltaje de 10KV.

4.8 Análisis de los datos y procedimientos estadísticos

Se utilizó el Software estadístico Minitab 18.

4.8.1 Variable Resistencia Adhesiva

Normalidad positiva (Kolmogorov-Smirnov, $p=0.052$), Homogeneidad de varianzas positiva (Bartlett, $p=0.126$).

Los datos de resistencia de unión se evaluaron mediante pruebas de ANOVA/Tukey. La significación estadística se estableció en $\alpha=0,05$.

4.8.1 Variable Microfiltración

Los datos no cumplieron con los supuestos para utilizar análisis paramétrico, por lo que se aplicó la prueba de la mediana de Mood.

Los datos de filtración se evaluaron con la prueba de Kruskal-Wallis/sum-rank. La significación estadística se estableció en $\alpha=0,05$.

CAPÍTULO 5. RESULTADOS

5.1 Prueba de adhesión

El factor tratamiento de superficie resultó estadísticamente significativo ($p=0,000$).

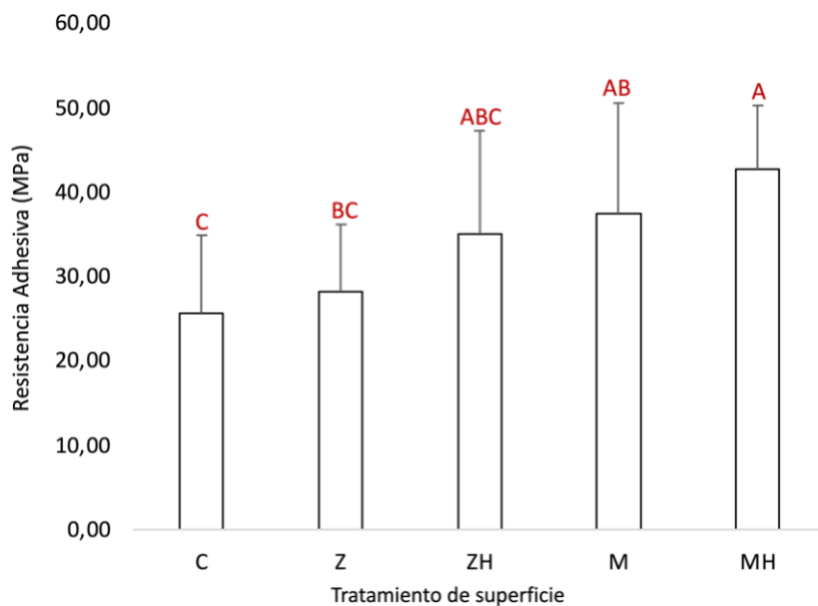
En la Tabla 1, se muestran las medias y las desviaciones estándar de la resistencia adhesiva de la resina a la superficie de óxido de circonio mediante la prueba de push out.

Los valores más altos los obtuvieron MH ($42,68 \pm 7,53$), M ($37,37 \pm 13,09$) y ZH ($34,95 \pm 12,23$), mientras que el grupo control mostró el valor de resistencia adhesiva significativamente más bajo C ($25,56 \pm 9,27$), Z ($28,18 \pm 8,00$) solo mostró un valor de resistencia adhesiva significativamente más bajo que MH ($42,68 \pm 7,53$), ver figura 4.

Tabla 1. Resistencia media de unión con la prueba de *push out*, desviación estándar (MPa)

Tratamiento	Resistencia adhesiva (Mpa)		
C	25,56	9,27	C
Z	28,18	8,00	BC
ZH	34,95	12,23	ABC
M	37,37	13,09	AB
MH	42,68	7,53	A

*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Figura 4. Resultados de resistencia Adhesiva (MPa), según el tipo de tratamiento realizado en la superficie de circonia.

5.2 Evaluación de las muestras posterior a la prueba de resistencia adhesiva con estereomicroscopio

En la tabla 2 se observa que en la interfase circonia-resina, el porcentaje de modo de falla posterior a la aplicación de Z-prime fue mayoritariamente de tipo adhesivo (69%), algo similar sucede posterior a la aplicación de Monobond donde fue (75%), en el caso del grupo Z Prime-Heliobond la mayoría de los fallos fueron de tipo cohesivo, una variabilidad mayor en los resultados se observa en el grupo Monobond-Heliobond donde 38% fueron fallas adhesivas, 44% fallas mixtas y un 19% cohesivas, en el caso del grupo control el modo de falla fue 100% adhesiva.

Tabla 2. Cantidad y porcentaje del modo de falla de las muestras posterior a la prueba de resistencia adhesiva.

Los resultados de la evaluación del tipo de falla mediante el uso de Estereomicroscopio se representan de manera grafica en la Figura 5.

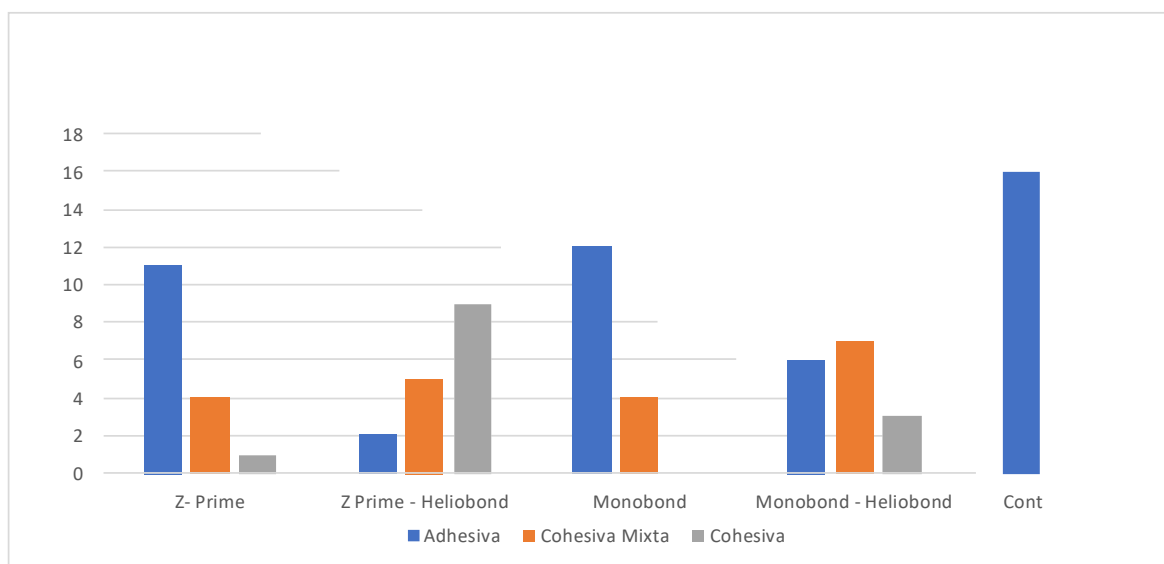


Figura 5. Modo de falla de las muestras posterior a Push out.

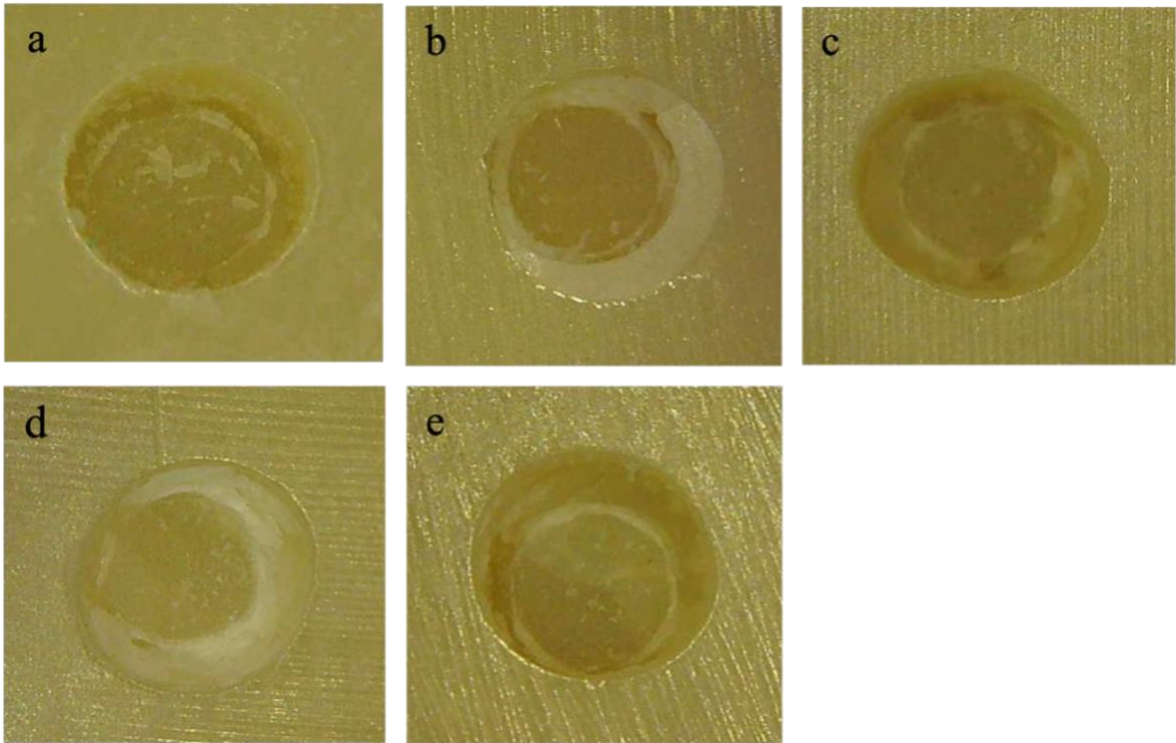


Figura 6. Ilustración de los fallos en la adhesión más prevalentes en cada grupo, observados en Estereomicroscopio: a) tipo adhesivo, grupo Z; b) tipo cohesivo, grupo ZH; c) tipo adhesivo, grupo M; d) tipo mixto, grupo MH; e) tipo adhesivo, grupo C.

5.3 Prueba de microfiltración

El factor tratamiento de superficie resultó estadísticamente significativo ($p=0.002$).

Los grupos M y MH mostraron valores estadísticamente más altos de microfiltración (64,310 % y 60,505 % respectivamente) que ZH (0,130 %), mientras que Z (39,9 %) no resultó significativamente diferente de ningún otro grupo.

Tabla 3. Medianas de los grupos con los diferentes tratamientos con la prueba de filtración de gases, rangos entre los cuartiles 1-3 e intervalos de confianza al 95%.

Grupo	Mediana	Q3 – Q1	IC de la mediana de 95%	
M	64,31	48,1925	(33,8409. 84,7455)	A
MH	60,505	30,685	(36,3950. 69,5861)	A
Z	39,91	50,595	(4,11883. 56,2116)	AB
ZH	0,13	0,0225	(0,116577. 0,14)	B

* La misma letra indica que no hubo diferencia estadísticamente significativa.

5.4 Evaluación de las muestras posterior a la prueba de microfiltración con microscopía electrónica de barrido

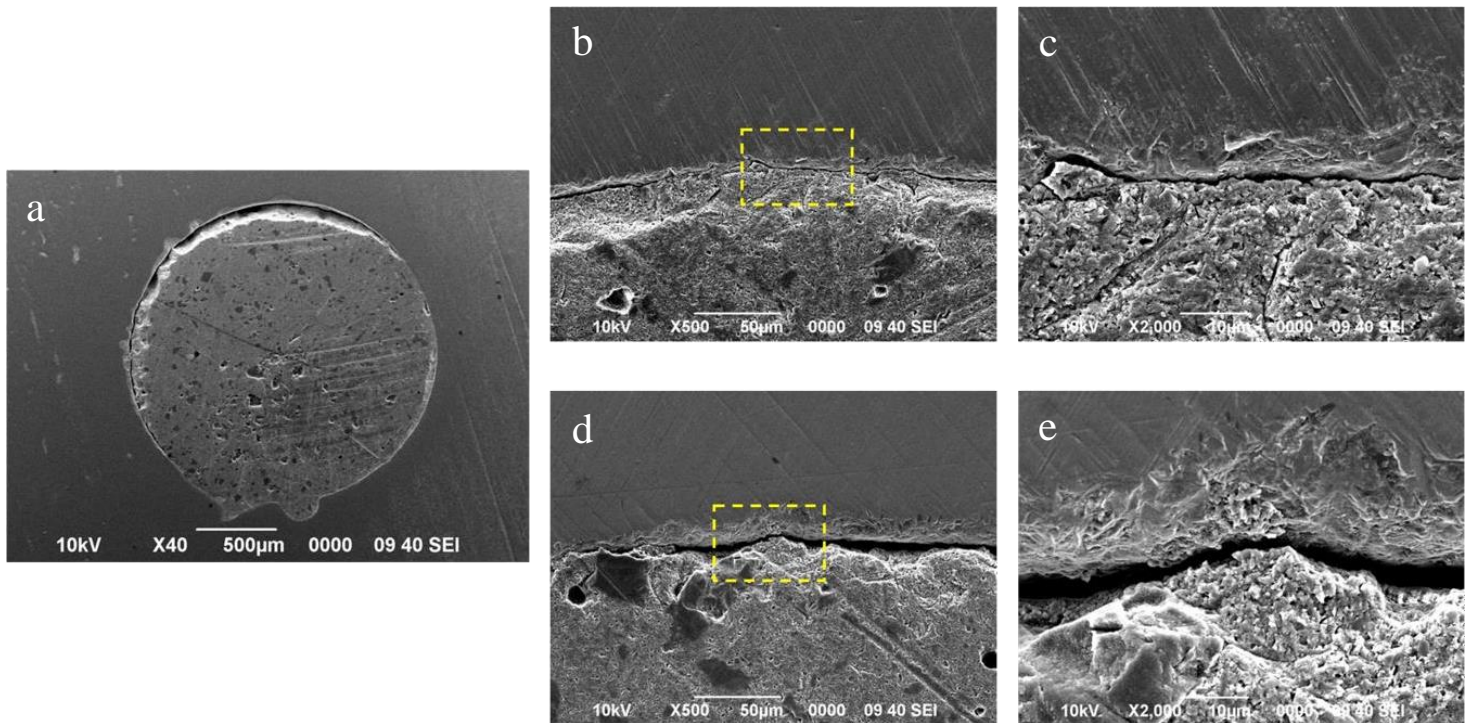


Figura 7. Morfología de la circonia de una muestra seleccionada aleatoriamente donde se aplicó monobond como agente adhesivo para la resina, mediante SEM.

a) Muestra completa con magnificación 40x

b,d) Sitios aleatorios de la muestra con magnificación 500x

c,e) Sitios aleatorios de la muestra con magnificación 2000x

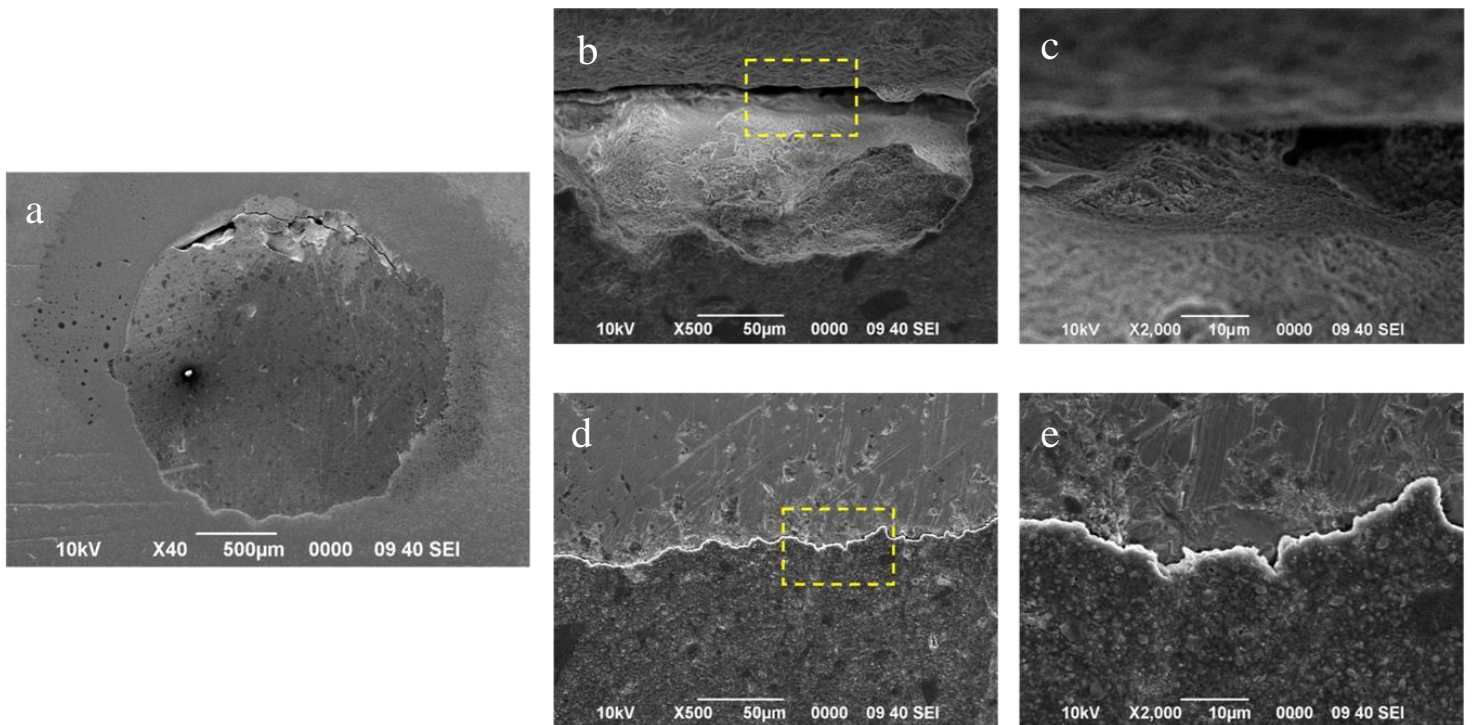


Figura 8. Morfología de la circonia de una muestra seleccionada aleatoriamente donde se aplicó monobond + heliobond como agente adhesivo para la resina, mediante SEM.

a) Muestra completa con magnificación 40x

b,d) Sitios aleatorios de la muestra con magnificación 500x

c,e) Sitios aleatorios de la muestra con magnificación 2000x

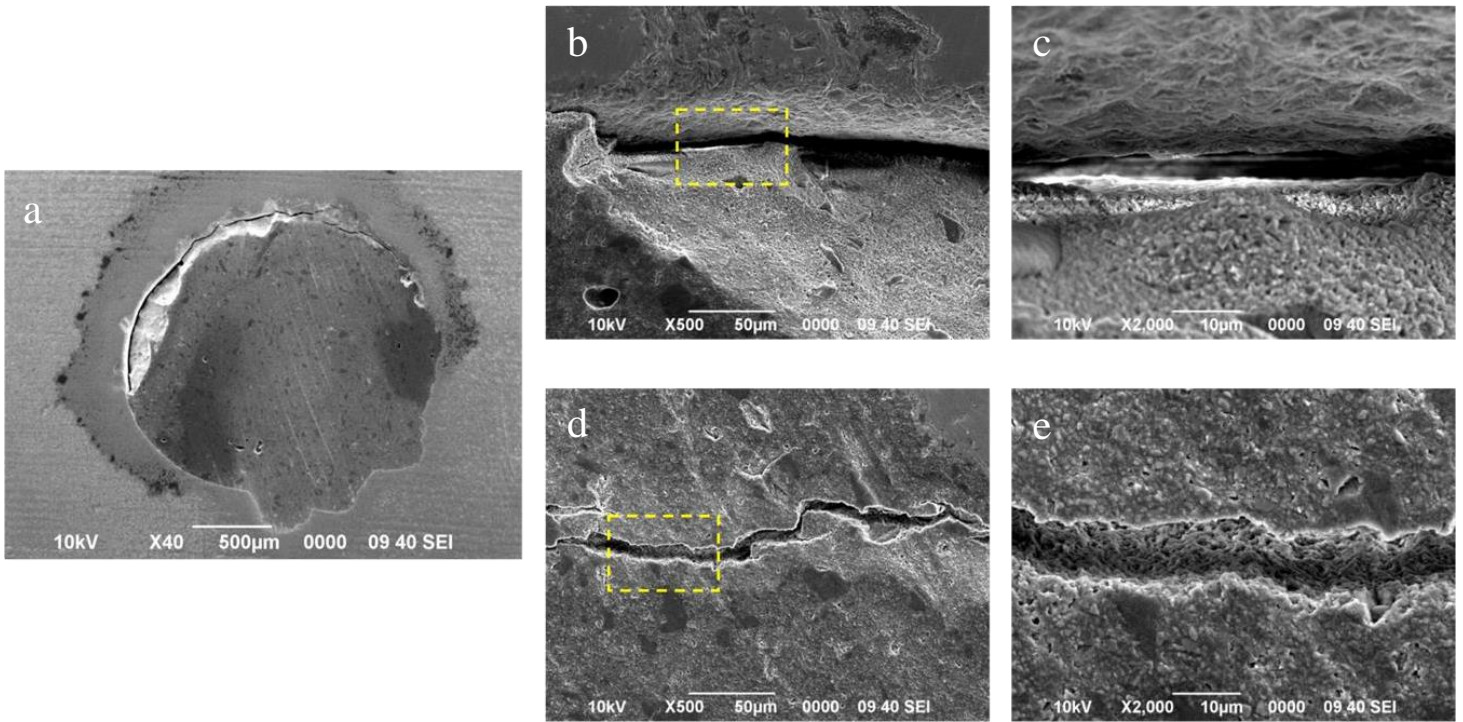


Figura 9. Morfología de la circonia de una muestra seleccionada aleatoriamente donde se aplicó Z-Prime como agente adhesivo para la resina, mediante SEM.

a) Muestra completa con magnificación 40x

b,d) Sitios aleatorios de la muestra con magnificación 500x

c,e) Sitios aleatorios de la muestra con magnificación 2000x

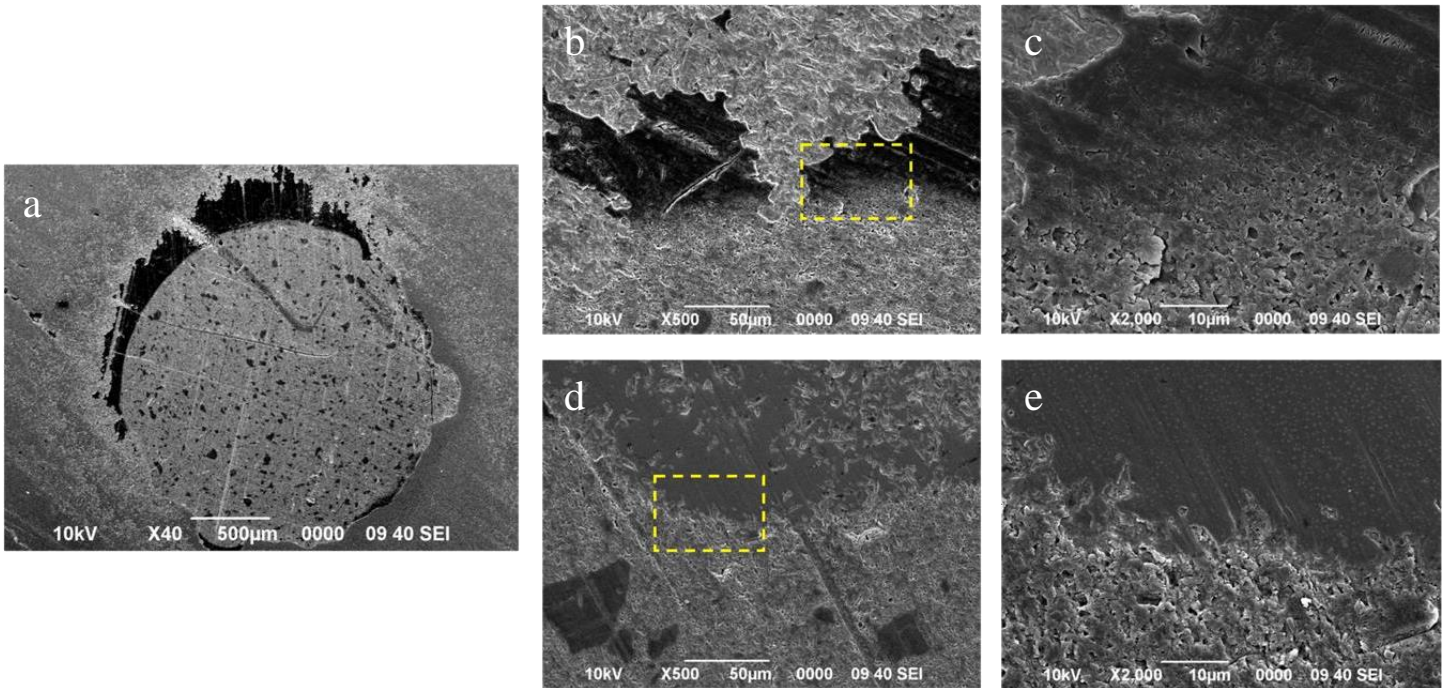


Figura 10. Morfología de la circonia de una muestra seleccionada aleatoriamente donde se aplicó Z-Prime + heliobond como agente adhesivo para la resina, mediante SEM.

a) Muestra completa con magnificación 40x

b,d) Sitios aleatorios de la muestra con magnificación 500x

c,e) Sitios aleatorios de la muestra con magnificación 2000x

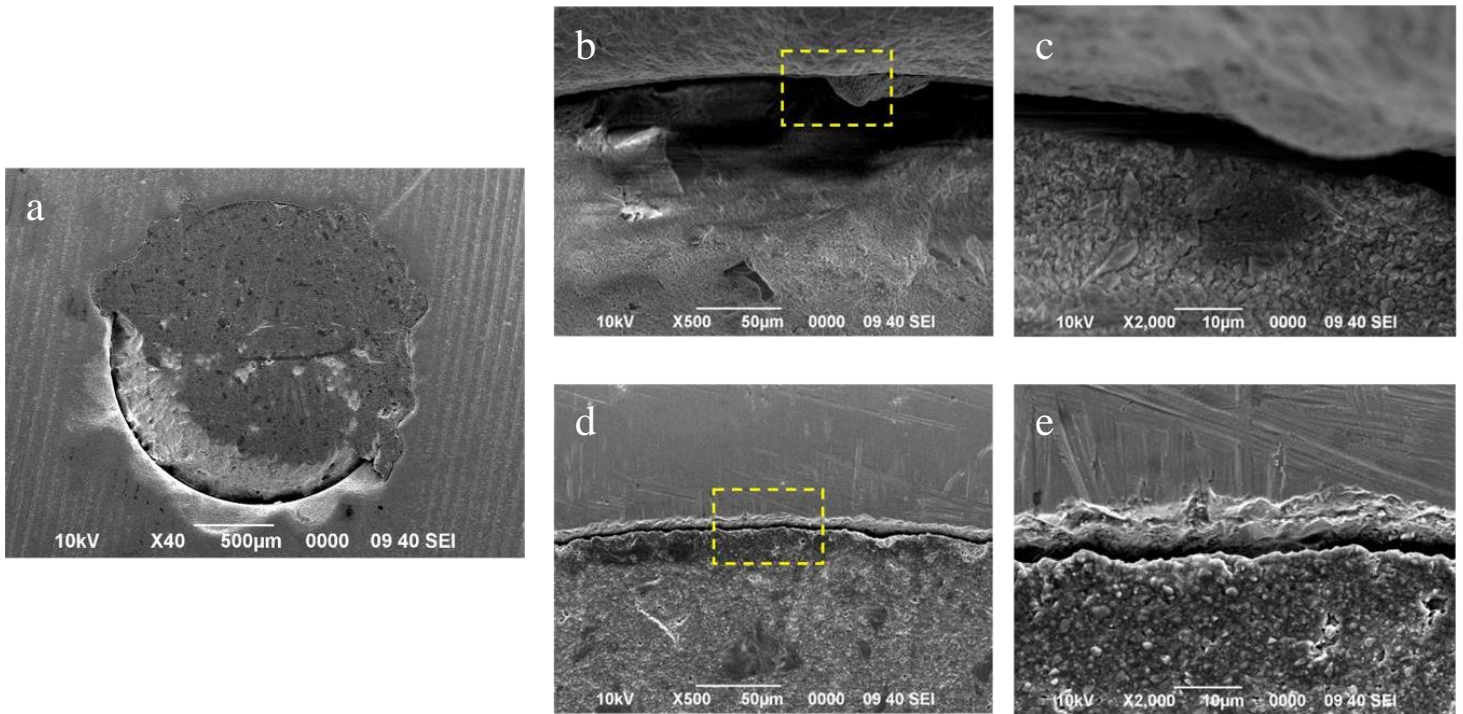


Figura 11. Morfología de la circonia de una muestra seleccionada aleatoriamente donde no se aplicó agente adhesivo para la resina, mediante SEM

a) Muestra completa con magnificación 40x

b,d) Sitios aleatorios de la muestra con magnificación 500x

c,e) Sitios aleatorios de la muestra con magnificación 2000x

CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN

Los datos clínicos revelan una muy buena tasa de supervivencia de las coronas de circonia 98,2 % y una tasa de éxito del 92 % después de 10 años (1), sin embargo, entre las complicaciones más comunes se encuentra la necesidad de realizar tratamientos endodónticos a través de estas restauraciones (13). El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de aplicar distintos protocolos adhesivos en la adaptación marginal y la resistencia adhesiva de resina compuesta en accesos endodónticos simulados en restauraciones de circonia (3Y-TZP). Los resultados descritos anteriormente demuestran que hubo diferencia en la resistencia adhesiva de la interfase resina-circonia cuando se usaron diferentes protocolos adhesivos, a su vez hubo variación en los resultados de microfiltración por gas nitrógeno al utilizar protocolos adhesivos diferentes. Por lo tanto, se rechazó la hipótesis nula.

6.1 Sobre la variable resistencia adhesiva

En el presente estudio se empleó una prueba de Push out para investigar la resistencia adhesiva de la resina a la circonia posterior a la aplicación de diferentes protocolos adhesivos. Se eligió este método debido a la configuración de la prueba donde se realiza la simulación de un acceso endodóntico, con esta prueba se midió entonces la adhesión después de la acción de una broca de diamante paralela en paredes circundantes de la circonia.

De acuerdo con los resultados de resistencia adhesiva de la resina a la superficie de óxido de circonio, los valores más altos los obtuvieron MH, M y ZH respectivamente, mientras que el grupo control mostró el valor de resistencia de unión significativamente más bajo, Z solo mostró un valor de resistencia adhesiva significativamente más bajo que MH.

Es posible entonces que la interacción entre el monobond y heliobond sea muy buena, ambos productos son del mismo fabricante, se produce una buena adhesión entre ellos y el M a pesar de tener silano permite una buena adhesión a la circonia. En termino de adhesión agregar H al M no genero diferencia estadística.

En el grupo Z agregar H mejora la adhesión, hay una diferencia numérica entre ambos grupos, los monómeros resinosos presentes en la composición del Z-Prime no fueron suficientes para lograr una buena adhesión, sin embargo, al agregar H se observa un aumento evidente en la resistencia adhesiva.

Debido a la variabilidad alta del M es que no se da una diferencia estadística con respecto al grupo Z, pero numéricamente si se observa una marcada diferencia.

El 10-MDP es un monómero funcional promotor de la adhesión a diferentes superficies dentales como el esmalte y la dentina, además reacciona de manera química sobre metal, circonia y alúmina.

Yang en su estudio prueba diversos materiales que contienen MDP entre estos primers, adhesivos y cementos compuestos, la presencia del monómero funcional 10-MDP mejoró la resistencia de unión de la resina a Y-TZP, lo que sugiere que el MDP mejoró la adhesión en la interfaz de resina/Y-TZP para todos los tipos de productos que contienen este monómero (29).

El grupo hidroxilo en la superficie de circonia puede reaccionar con los grupos fosfato del 10-MDP presentes en el primer. Esta reacción puede conducir a la formación de un enlace químico Zr-O-P entre la cerámica de óxido de circonio y el monómero 10-MDP (30). Esta adhesión química es necesaria para obtener una resistencia de unión adecuada (29).

Este monómero tiene dos grupos funcionales: un grupo fosfato que es responsable de unirse al grupo hidroxilo en la superficie de circonia y un grupo de ácido carboxílico que se fotopolimeriza y se une a la resina compuesta (30).

Las variaciones en la formulación química de diferentes imprimadores o adhesivos a base de MDP pueden afectar la eficacia de unión de 10-MDP a Y-TZP (2).

Cuando se combinó con arenado, la humectabilidad de la superficie de la capa de óxido de circonia aumentaron, lo que dio como resultado que un monómero de fosfato pudiera establecer enlaces químicos con el óxido en la superficie de circonia (5).

6.2 Sobre el tipo de falla

La unión adhesiva es un proceso que generalmente se califica especificando el tipo de atracción intermolecular que puede existir entre el adhesivo y el adherente (20). El material que se utiliza para provocar la unión se conoce como adhesivo y el material al que se aplica se denomina adherente.

Según el glosario de términos Prostodónticos en su novena edición, una falla adhesiva es una falla de unión en una interfaz entre dos materiales debido a una fuerza de tensión o compresión y una falla cohesiva es una falla de unión dentro de un material dental como resultado de una fuerza de tensión o compresión (18).

El modo de falla de las muestras fue compatible con los resultados de la prueba push out, de modo que en el grupo control con la resistencia de unión más baja, la falla adhesiva tuvo una frecuencia del 100 % y la superficie de circonia estaba libre de resina.

El grupo MH que tuvo la resistencia adhesiva más alta presentó mayoritariamente fallas cohesivas mixtas (dentro de la resina y en la interfase de unión).

El grupo ZH que no tuvo diferencia estadística en términos de resistencia adhesiva con respecto al grupo MH, presentó mayoritariamente fallas cohesivas (dentro de la resina).

El mayor porcentaje de falla cohesiva indica la alta resistencia de unión proporcionada por la aplicación de Z-Prime seguida de Heliobond, da como resultado una fractura dentro del compuesto, lo cual es clínicamente aceptable y preferido.

El grupo M presentó mayoritariamente fallas adhesivas, este grupo no tuvo diferencia estadística en términos de resistencia adhesiva con respecto al grupo MH y ZH, sin embargo es el grupo que presentó mayor variabilidad en los resultados de push out.

Por último el grupo donde solo se aplicó Z presentó mayoritariamente fallas adhesivas y fue el grupo con resistencia de unión más baja de todos los protocolos adhesivos aplicados, con poca variabilidad, solo por encima del grupo MH que presentó los resultados menos variables en términos de resistencia adhesiva.

6.3 Sobre la variable microfiltración

La ausencia de enlace químico da como resultado la microfiltración más alta y la adhesión química se logra mediante el acoplamiento de 10-MDP (29), por esta razón en la prueba de microfiltración se determinó que no era necesario utilizar un grupo control (ningún tratamiento de superficie), además en la variable resistencia adhesiva el grupo control dio valores muy bajos por lo que era previsible que este grupo iba a ser el que más filtraba y lo que se busca en esta investigación es una comparación de los tratamientos entre sí

Yang concluye que los productos que contienen MDP influyen en la hidrofiliidad de la interfaz de unión al evitar la microfiltración, en comparación con las muestras en las que no se utilizó ningún producto que contenga MDP (29). Esta conclusión coincide parcialmente con los resultados obtenidos en este estudio, ya que en esta investigación los grupos M, Z y MH filtraron.

La composición de los materiales utilizados para realizar el protocolo adhesivo se detalla en el cuadro 3, ambos primer tienen etanol y agua como solvente además de MDP, la diferencia en la composición es que el Z-Prime tiene resina (Bisphenol A Diglycidyl Metacrilato).

El grupo al que solo se le aplicó Z es el segundo grupo que menos filtro, es más factible entonces que el monómero resinoso presente en su composición ayude a sellar al generar una red impermeable.

El grupo ZH, fue el único grupo que no filtró, el Heliobond contiene también Bis-GMA y se comporta como una resina fluida, cabe resaltar que además del Z-prime se necesitó el refuerzo del Heliobond para evitar la microfiltración, es más fácil que resina líquida se una mejor con irregularidades en más puntos alrededor de la circunferencia del perímetro adhesivo y se genere selle.

El Monobond es un primer que contiene MDP y silano, una posible explicación al hecho de que en la variable microfiltración el grupo M haya sido el grupo que más filtró es que el silano presente en su composición comparte sitios de unión que no ayudan al selle, hay menor cantidad de MDP por área debido a que comparte espacios con el silano.

El grado de microfiltración en la interfase restauración-diente puede monitorearse mediante la penetración de trazadores y agentes de tinción. Al igual que ocurre con las pruebas de resistencia de la unión, también existe una gran variación en los datos de filtración de un laboratorio a otro, según la técnica utilizada y las variables de manipulación adoptadas durante la colocación de los agentes de unión. A menudo, no existe una buena correlación entre la resistencia de unión y la microfiltración (20).

La confiabilidad de las metodologías tradicionales utilizadas en la evaluación de la sellabilidad en endodoncia ha sido cuestionada debido a resultados que a menudo no son reproducibles y las desviaciones estándar son relativamente grandes. La sellabilidad es importante y se requieren métodos de evaluación que sean confiables, reproducibles y que se relacionen con los resultados clínicos (31).

En el presente estudio se utilizó el método de microfiltración por gas nitrógeno el mismo es un método novedoso y representa una alternativa a los métodos tradicionales.

Con base en los presentes resultados y en concordancia con Yang, se debe reconocer que los resultados de microfiltración pueden no reflejar con precisión la calidad del sello marginal de una interfaz adhesiva (29).

6.4 Sobre la morfología de las muestras evaluadas mediante SEM

En las muestras aleatorias seleccionadas para cada grupo evaluadas mediante SEM, se puede ver como se integra la resina a la hora de sellar una simulación de acceso endodóntico en la circonia.

El corte de la broca en esta cerámica de alta resistencia, no es un corte limpio, perfecto en toda la superficie de la circunferencia de la apertura, esto coincide con los resultados observados por Wood que mediante SEM notó astillado en los bordes de todas las preparaciones de acceso en coronas de circonia (14). Similares resultados donde se observaron fracturas por astillado y formación de grietas alrededor de las preparaciones endodónticas evidencio Grobecker-Karl en su estudio (32).

En la figura 7 así como en la figura 8 y 9 se observa erosión de la resina, este material se ve a una altura diferente con respecto a la superficie de circonia, existen posibles causas de esta erosión de la resina entre ellas el protocolo de pulido utilizado así como el mismo vacío generado por el SEM.

A pesar de que en esta investigación se usó irrigación abundante con agua durante la simulación de la apertura endodóntica, que actúa como refrigerante para reducir la acumulación de calor que conduce a las micro fisuras, además de actuar como lubricante para mejorar la eficiencia de corte (33), la broca utilizada para hacer el corte generó imperfecciones en la circonia que es sumamente rígida, esta tensión generada por la broca durante el corte causó erosión del material cerámico.

En todas las figuras y más marcadamente en la figura 11 se observa resina delgada que cubre ciertas delaminaciones del borde de la circonia, no se observa una circunferencia perfecta de resina. Esta limitación tiene implicaciones clínicas ya que se puede inferir que posterior a una apertura se generan zonas erosionadas en la superficie del óxido de circonio que van a ser cubiertas por una capa delgada de resina, que con la masticación y carga se pueden desprender fácilmente.

El selle con resina se va a ver afectado por la erosión del borde del material cerámico, es aquí donde se hace importante que todo lo que esté por debajo de esta superficie externa erosionada este bien sellada y adherida.

En las imágenes obtenidas mediante la microscopia electrónica de barrido Figura 7, 8,9 10 y 11, no se puede ver una diferencia marcada entre los diferentes protocolos adhesivos aplicados sobre la superficie de la circonia, el selle periférico no depende únicamente del tratamiento de superficie aplicado.

6.5 Sobre las limitaciones del estudio

Las limitaciones del presente estudio incluyeron que su diseño in vitro carece de algunas simulaciones del entorno oral, como el efecto del pH de la saliva, la presencia de biopelículas y la dirección de la oclusión intraoral.

La resistencia adhesiva de la resina a la circonia se interpretó 24 horas después de la adhesión. El termociclado podría realizarse para determinar la durabilidad de la unión entre el óxido de circonio y la resina compuesta y evaluar la adhesión a largo plazo en una investigación futura.

Un arenado uniforme es difícil de conseguir en el formato utilizado en la presente investigación (simulación del acceso endodóntico).

La prueba de filtración de gases es un método nuevo, este método no es una prueba validada aún para medir la microfiltración de la interfase entre materiales dentales, pero representa una alternativa a los métodos tradicionales, mejoras en el equipo se deben realizar para conocer cuántos sitios, el tamaño de estos y zonas donde se da la filtración.

CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES

1. El uso de ambos primers con MDP aumenta la resistencia adhesiva en comparación con el grupo de control y la aplicación de Heliobond mejora aún más la resistencia adhesiva.
2. Mejores resultados resistencia de unión se asocia con fallas mayoritariamente cohesivas o mixtas.
3. La aplicación de Z-Prime seguida de Heliobond fue el grupo que logró un mejor sellado marginal periférico.
4. Uniendo los resultados de este estudio, el grupo ZH sería el tratamiento más indicado, es el protocolo adhesivo que logró buena adhesión con un mejor selle.

CAPÍTULO 8. REFERENCIAS

1. Güth JF, Stawarczyk B, Edelhoff D, Liebermann A. Zirconia and its novel compositions: What do clinicians need to know?. *Quintessence International*. 2019 Jul 1;50(7).
2. Lima RB, Barreto SC, Alfrisany NM, Porto TS, De Souza GM, De Goes MF. Effect of silane and MDP-based primers on physico-chemical properties of zirconia and its bond strength to resin cement. *Dental Materials*. 2019 Nov 1;35(11):1557-67.
3. Papia E, Larsson C, du Toit M, von Steyern PV. Bonding between oxide ceramics and adhesive cement systems: a systematic review. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*. 2014 Feb;102(2):395-413.
4. Scaminaci Russo D, Cinelli F, Sarti C, Giachetti L. Adhesion to zirconia: A systematic review of current conditioning methods and bonding materials. *Dentistry journal*. 2019 Aug 1;7(3):74.
5. Klaisiri A, Maneenacarith A, Jirathawornkul N, Suthamprajak P, Sriamporn T, Thamrongananskul N. The effect of multiple applications of phosphate-containing primer on shear bond strength between zirconia and resin composite. *Polymers*. 2022 Oct 5;14(19):4174.
6. Xie H, Tay FR, Zhang F, Lu Y, Shen S, Chen C. Coupling of 10-methacryloyloxydecylidihydrogenphosphate to tetragonal zirconia: Effect of pH reaction conditions on coordinate bonding. *Dental Materials*. 2015 Oct 1;31(10):e218-25.

7. Zhang Y, Lawn BR. Novel zirconia materials in dentistry. *Journal of dental research*. 2018 Feb;97(2):140-7.
8. Piconi C, Maccauro G. Zirconia as a ceramic biomaterial. *Biomaterials*. 1999 Jan 1;20(1):1-25.
9. Denry I, Kelly JR. State of the art of zirconia for dental applications. *Dental materials*. 2008 Mar 1;24(3):299-307.
10. Tong H, Tanaka CB, Kaizer MR, Zhang Y. Characterization of three commercial Y-TZP ceramics produced for their high-translucency, high-strength and high-surface area. *Ceramics international*. 2016 Jan 1;42(1):1077-85.
11. Ueda K, Gueth JF, Erdelt K, Stimmelmayer M, Kappert H, Beuer F. Light transmittance by a multi-coloured zirconia material. *Dental materials journal*. 2015 May 29;34(3):310-4.
12. Spitznagel FA, Boldt J, Gierthmuehlen PC. CAD/CAM ceramic restorative materials for natural teeth. *Journal of dental research*. 2018 Sep;97(10):1082-91.
13. Larsson C, Wennerberg A. The clinical success of zirconia-based crowns: a systematic review. *International Journal of Prosthodontics*. 2014 Jan 1;27(1).
14. Wood KC, Berzins DW, Luo Q, Thompson GA, Toth JM, Nagy WW. Resistance to fracture of two all-ceramic crown materials following endodontic access. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2006 Jan 1;95(1):33-41.
15. Trautmann G, Gutmann JL, Nunn ME, Witherspoon DE, Shulman JD. Restoring teeth that are endodontically treated through existing crowns. Part II: Survey of restorative materials commonly used. *Quintessence International*. 2000 Nov 1;31(10).

16. Örtorp A, Kihl ML, Carlsson GE. A 5-year retrospective study of survival of zirconia single crowns fitted in a private clinical setting. *Journal of dentistry*. 2012 Jun 1;40(6):527-30
17. Rinke S, Lange K, Roediger M, Gersdorff N. Risk factors for technical and biological complications with zirconia single crowns. *Clinical oral investigations*. 2015 Nov;19:1999-2006.
18. Ferro KJ, Morgano SM, Driscoll CF, Freilich MA, Guckes AD, Knoernschild KL, McGarry TJ, Twain M. The glossary of prosthodontic terms.
19. Papia E, Larsson C, du Toit M, von Steyern PV. Bonding between oxide ceramics and adhesive cement systems: a systematic review. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*. 2014 Feb;102(2):395-413.
20. Anusavice KJ, Shen C, Rawls HR, editors. *Phillips' science of dental materials*. Elsevier Health Sciences; 2012 Sep 27.
21. Kern M. Bonding to oxide ceramics—laboratory testing versus clinical outcome. *Dental Materials*. 2015 Jan 1;31(1):8-14.
22. Lüthy H, Loeffel O, Hammerle CH. Effect of thermocycling on bond strength of luting cements to zirconia ceramic. *Dental Materials*. 2006 Feb 1;22(2):195-200.
23. Wolfart M, Lehmann F, Wolfart S, Kern M. Durability of the resin bond strength to zirconia ceramic after using different surface conditioning methods. *Dental Materials*. 2007 Jan 1;23(1):45-50.
24. Blatz MB, Alvarez M, Sawyer K, Brindis M. How to bond zirconia: the APC concept. *Compend Contin Educ Dent*. 2016 Oct 1;37(9):611-8.

25. Huaman EL, Ficha estándar no. 115. Fresas de uso odontológico. Oficina General de Tecnologías de la Información del Ministerio de Economía y Finanzas Lima, Perú. 2016 Agust;7.
26. Kim JS, Bae JH, Yun MJ, Huh JB. In vitro assessment of cutting efficiency and durability of zirconia removal diamond rotary instruments. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2017 Jun 1;117(6):775-83.
27. Peters OA, Du D, Ho MY, Chu R, Moule A. Assessing the cutting efficiency of different burs on zirconia substrate. *Australian Endodontic Journal*. 2019 Dec;45(3):289-97.
28. Chavarria-Bolaños D., Conejo-Rodriguez E., Pozos-Guillén A.J. Patente: Evaluador de Microfiltración Automático. Patent Pending # 01/2017-000075. Spanish Patent.
29. Yang L, Chen B, Xie H, Chen Y, Chen Y, Chen C. Durability of resin bonding to zirconia using products containing 10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate. *J Adhes Dent*. 2018 Jul 1;20(4):279-87.
30. Zakavi F, Mombeini M, Dibazar S, Gholizadeh S. Evaluation of shear bond strength of zirconia to composite resin using different adhesive systems. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*. 2019 Mar;11(3):e257.
31. Editorial Board of the Journal of Endodontics. Wanted: a base of evidence. *Journal of Endodontics*. 2007 Dec;33(12):1401-2.

32. Grobecker-Karl T, Christian M, Karl M. Effect of endodontic access cavity preparation on monolithic and ceramic veneered zirconia restorations. *Quintessence International*. 2016 Oct 1;47(9).

33. Nejat AH, Dupree P, Kee E, Xu X, Zakkour W, Odom M, Bruggers K, Mascarenhas F. Effect of endodontic access preparation on fracture load of translucent versus conventional zirconia crowns with varying occlusal thicknesses. *Journal of Prosthodontics*. 2021 Oct;30(8):706-10