



UNIVERSIDAD
Finis Terrae

UNIVERSIDAD FINIS TERRAE
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
ESCUELA DE ODONTOLOGÍA

**EVALUACIÓN DE ADHESIÓN ENTRE LA SUPERFICIE DE
ZIRCONIO ARENADO CON ÓXIDO DE ALUMINIO Y RESINA
COMPUESTA**

KARINA TAMAYO CABELLO
CRISTIÁN VALENCIA PÉREZ

Tesis de Grado presentado a la Facultad de Odontología de la Universidad
Finis Terrae, para optar al Título de Cirujano Dentista

Profesor Guía: Jacqueline Fisher Arancibia

Santiago, Chile
2018

AGRADECIMIENTOS

- Al Dr. René Castro, ex Director de Carrera de la facultad de Odontología UFT, por brindarnos su ayuda en cada momento que pudo.
- Al laboratorio Schulz, y en especial al Sr. Pablo Schulz por ayudarnos en el arenado de nuestras muestras.
- A la Empresa 3M, Santiago, por apoyarnos en nuestra tesis y enviarnos material para poder trabajar.
- A la Srta. María Luisa Cerón, Coordinadora Área de Ciencias de la Ingeniería, Facultad Ingeniería UFT, por su inmensa disposición para ayudarnos en todo momento, y acompañarnos a la UTEM para poder terminar nuestra tesis.
- A la Sra. Ana Ángela Da Vía Bravo, Profesora del Dpto. de Prevención de Riesgos y Medio Ambiente, UTEM. Por facilitarnos el laboratorio de resistencia de materiales.
- A la Srta. Carolina Vidal, por ayudarnos en la parte estadística de nuestra tesis.
- Al Dr. Alejandro Oyarzún, por facilitarnos las imágenes adjuntas en nuestra tesis, su gran disposición y toda su ayuda.

A nuestra querida tutora, Dra. Jacqueline Fisher, por siempre creer en nosotros, apoyarnos y ayudarnos en cada momento, pese a las dificultades que se nos presentaron en el camino.

Y por último, pero no menos importante, a nuestras familias, por estar día a día, por creer que lograríamos la meta y por confiar en nosotros de la forma que lo han hecho durante todos estos años.

RESUMEN

PROPÓSITO: El objetivo de este estudio fue evaluar el aporte del patrón de grabado mediante arenado con óxido de aluminio sobre la superficie de Zirconio, a los valores de adhesión entre el Zirconio y la resina compuesta.

MATERIAL Y MÉTODO: Se prepararon 21 muestras de Zirconio monolítico de 2,2 mm de ancho x 1 cm de largo x 1 cm de alto, al azar se escogieron 10 que formaron el grupo control (no arenado) y otras 10 denominado grupo intervenido (arenado). Las muestras del grupo intervenido se arenaron con óxido de aluminio de 50 μm , a 40 psi manteniendo una distancia de 10 milímetros durante 20 segundos. Se realizaron muestras de resina compuesta de las mismas características que las del Zirconio, se cementaron entre ellas con adhesivo Single Bond Universal y cemento de resina Relyx Ultimate para formar las probetas. Posteriormente, se traccionaron en la máquina Materials Testing System ME-8230 (PASCO). La muestra 21 se arenó por una de sus caras para ser analizada en el microscopio estéreo Nikon SMZ-800 y se fotografió inmediatamente con cámara Nikon DS-Fi1. El análisis estadístico se realizó utilizando SPSS. **RESULTADOS:** Luego de las pruebas de tracción, los valores para esfuerzo fueron mayores en el grupo intervenido (arenado), es decir, aumentan los valores de adhesión en este grupo. La hipótesis nula es que sí existe una diferencia significativa entre el grupo arenado y el grupo no arenado, cuando es cementado con las muestras de resina compuesta; p-valor es menor a 0,005 por lo tanto, es posible aceptar la hipótesis nula. Además, al arenar el Zirconio se producen depresiones y protuberancias de forma irregular que no se observa en la superficie no arenada de la muestra 21, el cual sigue un patrón homogéneo luego de ser evaluado en el microscopio estéreo Nikon SMZ-800. **CONCLUSIÓN:** El tratamiento de superficie del arenado aporta en los valores de adhesión entre este material y la resina compuesta. Por lo tanto, el arenado si aumenta la resistencia frente a la tracción.

INDICE

1. Introducción	1 – 2
2. Marco teórico	3 – 15
3. Hipótesis	16
4. Objetivos	17
5. Material y método	18 – 24
6. Análisis de resultados	25 – 31
7. Discusión	32 – 35
8. Conclusiones	36
9. Consideraciones éticas	37
10. Referencias bibliográficas	38 – 41
11. Anexos	42

INTRODUCCIÓN

La estética es un fenómeno cultural que evoluciona con el hombre. En el mundo actual, la estética juega un rol fundamental en la sociedad. Lo anterior genera un gran desafío para la Odontología, en donde la búsqueda por materiales dentales biocompatibles con el medio oral, estéticos y resistentes, ha generado una inversión millonaria por parte de las empresas dentales en los últimos años.

Los inversionistas financieros para desarrollar cerámicas resistentes y más estéticas han invertido mucho dinero. Solo en el Mercado Europeo, en el año 2007 se destinaron alrededor de \$2 mil millones, en el año 2010 aproximadamente se gastaron \$25 mil millones y en el año 2015 más de \$30 mil millones, lo que lleva a inferir, la importancia y la constante evolución de las cerámicas dentales a nivel global. (1)

El Zirconio es uno de los materiales libres de metal más utilizado en rehabilitación oral, ya que cumple con los requisitos estéticos y biomecánicos. Se podría decir que éste, es el material del futuro, debido a esto, es que está en constante investigación, para mejorar sus propiedades. En los últimos años, se ha visto un cambio importante, el Zirconio opaco evolucionó a uno altamente translúcido, dejando atrás su exclusiva utilización como subestructura en Prótesis Fija. Actualmente, se utiliza como una estructura monolítica, altamente estética.

Los avances tecnológicos han permitido el uso masivo del Zirconio en sistema CAD/CAM, satisfaciendo a corto plazo las necesidades estéticas y funcionales de los pacientes.

La forma como se relaciona el sustrato protésico y dentario es motivo de constante investigación. Según Álvaro Della Bona (2009), la Odontología Basada en la Evidencia ha demostrado que la unión adhesiva depende

básicamente de las propiedades del adhesivo, el comportamiento del mismo, y del tratamiento de superficie del adherente.

Es por esto que el propósito de este estudio es evaluar el aporte del patrón de grabado mediante arenado con óxido de aluminio sobre la superficie del Zirconio, a los valores de adhesión entre el Zirconio y la resina compuesta. Considerando que el mayor porcentaje de superficie de contacto entre el intaglio de una prótesis fija unitaria y el muñón protésico, es principalmente, resina compuesta.

No existen estudios nacionales en donde se evalué el tratamiento de superficie del Zirconio. A nivel mundial las investigaciones sobre el arenado del Zirconio usan metodologías similares, pero no se pueden homologar, es por eso que es tan importante realizar esta investigación, para poder estandarizar los protocolos clínicos sobre el tratamiento de superficie del Zirconio a través de arenado con óxido de aluminio.

MARCO TEÓRICO

1. Generalidades de las Porcelanas

Estamos viviendo uno de los grandes momentos de la Odontología, en donde el concepto de estética ayuda en la obtención de una mejor autoestima, Los pacientes desean tener unos dientes blancos, perfectos y ordenados. (2,3)

La Odontología Restauradora es definida como la especialidad de la Odontología que estudia, realiza un diagnóstico, tratamiento y el pronóstico de las piezas dentarias. Al momento de realizar un tratamiento, ya sea preventivo o restaurador, se debe mantener o restablecer la forma, función, estética y la integridad fisiológica del diente. (4)

Cuando existe gran pérdida de tejido dentario, por ejemplo, caries extensas que debiliten cúspides o comprometan más de 1/3 de la distancia intercuspídea, cuando exista dificultad de retención para restauraciones convencionales (remanente de la pieza insuficiente o necesidad de otros elementos para dar solidez estructural) o cuando ya no esté indicado realizar una restauración directa, se deben realizar procedimientos restauradores indirectos, tales como carillas, inlays/onlays o prótesis fijas unitarias y plurales, para estos procedimientos se utilizan cerómeros, cerámica dental y metales.

Los cerómeros alcanzan un mayor grado de polimerización en comparación con las resinas compuestas directas. Dentro de sus ventajas se destaca menor costo, una técnica de laboratorio más simplificada, menor rigidez, más fácil pulido en boca y facilidad de reparación en comparación con la porcelana.

Las cerámicas dentales, habitualmente llamadas porcelanas, tienen diversas aplicaciones en la Odontología Moderna, tienen una estética excelente, son resistente al desgaste y biocompatibles (3). Las cerámicas se

definen como aquellos productos de naturaleza inorgánica, que son constituidos mayoritariamente por elementos no metálicos, que se obtienen por acción del calor. En su estructura final se diferencian dos fases: Una fase amorfa (vidrio) y otra cristalina (cristales). Originalmente presentaban feldespato, cuarzo y caolín en su composición. (4)

2. Historia de la Porcelana en Odontología

Los orígenes documentados del uso de la porcelana en Odontología se remontan al año 1774, donde Alexis Duchateau, farmacéutico y bioquímico francés cansado del olor, sabor y alteración del color de su prótesis total, buscó una solución para revertir esta situación. Notó que las porcelanas en su laboratorio tenían resistencia a la tinción y a la abrasión, y confeccionó un juego de prótesis de porcelana con la colaboración del dentista Nicolás Dubois de Shemont, la cual tuvo éxito, puesto que al dejar de utilizar dientes de humanos o animales evitaron la desagradable halitosis y logrando además una mayor duración. En el año 1808, Fonzi presentó en Italia, los primeros dientes de porcelana que tenían pequeños aditamentos retentivos de metal para poder anclarse a la base de la prótesis, con esto dio punto de partida para la confección de las prótesis modernas. En 1839, John Murphy desarrolló en Londres la técnica de la lámina de platino, la cual permitió la realización de incrustaciones de porcelana. En 1913, Jenkins publicó en "The Dental Cosmos" un trabajo sobre las ventajas de la incrustación de porcelana, entre las cuales destacaron la conservación de la estructura dentaria y la gran estética. Sir Norman Bennett, citó 3 métodos para adaptar una porcelana a una preparación cavitaria, los cuales consistieron en desgastar un bloque previamente confeccionado en porcelana hasta que se adaptara a la cavidad, cocinando la porcelana y colándola; estos 3 métodos descritos hace casi 70 años, son actualmente los mismos pero mejorados por la tecnología moderna. (1,3)

Las porcelanas modernas tuvieron su comienzo en los años '50, inicialmente fueron las feldespáticas, que tenían baja resistencia al desgaste y

alta tasa de falla, debido a que tendían a fracturarse; por lo tanto, para mejorar esto, aparecieron las porcelanas reforzadas con alúmina, que poseían mejor resistencia y donde su cementación era con cementos de resina. Posteriormente, aparecieron otras con núcleos reforzados de vidrio, cerámicas con óxido de alúmina, cerámicas vítreas y con disilicato de litio, las cuales mejoraron sus propiedades mecánicas. (4)

Uno de los problemas de las cerámicas es que post-sinterización presentan fallas internas como son las microfisuras y poros, lo que podría generar una fractura de la restauración o de la pieza dentaria. Las cerámicas que presentan mayores defectos en su superficie interna son las feldespáticas estratificadas, realizadas en forma manual. (2)

Existen nuevos tipos de porcelana, que poseen un aumento de la resistencia, debido a que, en su composición, se pueden encontrar diversos elementos como alúmina, leucita, disilicato de litio y Zirconio estabilizado por itrio. (4)

3. Clasificación de las Porcelanas

Antiguamente, las cerámicas se clasificaban según su composición, su uso, el tipo de infraestructura, forma de cómo se elaboran las restauraciones, etc. En la actualidad, se han incorporado otros materiales a la categoría de cerámicas como las cerámicas con matriz de resina. Recientemente, la Asociación Dental Americana (ADA) las ha codificado como cerámicas, ya que tienen propiedades similares a éstas que no deben ser ignoradas. (5)

A raíz de esto, se realizó una nueva clasificación de las Cerámicas en el año 2015, en donde los autores Stefano Gracis *et al*, propusieron un nuevo enfoque a la Clasificación de Restauraciones Cerámicas en 3 familias:

- a. *Cerámicas con Matriz Vítreas*: Materiales cerámicos inorgánicos no metálicos que contienen una fase vítrea.
- b. *Cerámicas Policristalinas*: Materiales cerámicos inorgánicos no metálicos que no contienen una fase vítrea.
- c. *Cerámicas con Matriz de Resina*: Contienen compuestos refractarios predominantemente inorgánicos que pueden incluir vidrios, cerámicas y vitro-cerámicas.

La familia de cerámicas con matriz vítrea se subdivide en 3 subgrupos: a1. Cerámicas Feldespáticas de origen natural; a2. Cerámicas Sintéticas; a3. Cerámicas infiltradas con vidrio. (5)

Las cerámicas policristalinas se subdividen en 4 subgrupos: b1. Alúmina; b2. Zirconio estabilizado; b3. Alúmina endurecida con Zirconio; b4. Zirconio endurecido con Alúmina (en donde las dos últimas se encuentran en desarrollo) (5) (Ver anexo 1).

4. Zirconio

El Zirconio, es un material estético y biocompatible, posee alta resistencia mecánica de 800 a 1.200 MPa, con resistencia a la flexión de hasta 1.200 MPa y tenacidad a la fractura que van desde 6 a 8 MPa (6). Es ampliamente utilizado en clínica complementado con tecnología CAD/CAM (7). Este material químicamente corresponde a un óxido y tecnológicamente es un material cerámico no soluble en agua. Además, presenta alta radiopacidad y un bajo potencial de corrosión. Cuando el Zirconio se encuentra en estado puro es polimórfico y atrópico a presión ambiental, presentando 3 formas criptográficas a diferentes temperaturas, en las cuales están la *monoclínica* que va desde temperatura ambiente hasta los 1.170°C con un comportamiento mecánico reducido que contribuye a una disminuida cohesión de las partículas cerámicas

y por lo tanto, de la densidad, la *tetragonal* se encuentra entre los 1.170 - 2.370°C, lo que permite una cerámica con propiedades mecánicas mejoradas. Y por último, tenemos la *cúbica*, que corresponde a una temperatura sobre los 2.370°C hasta el punto de fusión, con propiedades mecánicas moderadas. La transformación de las fases del Zirconio es importante para mejorar la resistencia mecánica, la dureza y propiedades ópticas de esta cerámica. (8,9)

Se ha propuesto una clasificación del Zirconio según su microestructura como *Zirconio completamente estabilizado (FSZ)*, *Zirconio parcialmente estabilizado (PSZ)* y *Zirconio tetragonal con policristales (TZP)*. En FSZ, el Zirconio se encuentra en su forma cúbica y contiene más de 8% molar de óxido de itrio. El PSZ está formado por partículas tetragonales o monoclinicas de tamaño nanométrico en una matriz cúbica, en donde se le añaden óxidos estabilizadores como el magnesio, cerio, itrio y calcio. Y los TZP son materiales monolíticos (no presenta ningún tipo de recubrimiento), principalmente de fase tetragonal estabilizada, más comúnmente con itrio o cerio. Los Zirconios dentales son del tipo TZP, más comúnmente Y-TZP, ya que esta forma es altamente resistente y posee una alta resistencia a la fractura luego de ser mecanizado y sinterizado. (5,9)

Por otra parte, la fase tetragonal de Y-TZP se convierte en fase monoclinica con expansión de volumen (4-5%) bajo las altas tensiones causadas por la abrasión de partículas de aire, y esta transformación puede producir diferentes tipos de daños que afectan la integridad estructural y la fiabilidad del material. Dado que la estructura monoclinica es inestable y modificable, existe una mayor tendencia de que esta fase sea frágil y puede resultar en una tendencia a la fractura a largo plazo, por esto en Odontología Restauradora se utiliza el tipo Y-TZP en fase tetragonal para prótesis fija. (10)

Comparada con la alúmina, el Zirconio tiene dos veces su resistencia flexural, debido al tamaño de grano y al mecanismo de transformación. (9)

La cerámica de Zirconio se utilizó históricamente como un núcleo protésico o subestructura, sobre el cual se colocaba cerámica de recubrimiento. Posteriormente, se utilizó para realizar restauraciones monolíticas monocromático. En la actualidad, existe una tendencia a utilizar bloques y discos para CAD/CAM policromáticos (o estratificados), imitando así la variación de los colores entre de la dentina y el esmalte. Además, estos se fabrican con distintos grados de translucidez. (5)

5. Tratamiento de superficie de las porcelanas

Los tratamientos de superficie de todas las cerámicas se pueden dividir en métodos mecánicos, tales como arenado con óxido de aluminio, técnicas de infiltración selectiva (SIT), tratamiento con láser, solución de grabado caliente, revestimiento con nanopartículas de alúmina, revestimiento triboquímico de sílice; y químicos como el agente de acoplamiento con silano, otro agente de acoplamiento, el cual contiene un monómero de ácido fosfórico, 6-MHPA, y también el uso de ácido fluorhídrico. (9)

El arenado es un método de tratamiento de superficie que se utiliza para formar rugosidades y aumentar el área de superficie. También, se utiliza para limpiar las superficies del sustrato, permitiendo así que el cemento de resina actúe de mejor forma en él. (8)

Las cerámicas han sido clasificadas en función de la susceptibilidad de su superficie de corroerse por el grabado con ácido fluorhídrico. Estas son las “*Cerámicas Ácido Sensibles*” en las cuales el ácido fluorhídrico corroe la superficie cerámica posibilitando la unión micromecánica con cementos resinosos y unión química por el uso de agente silano, dentro de estas se encuentran las cerámicas feldespática, la feldespática modificada con leucita y la cerámica a base de disilicato de litio; y las “*Cerámicas Ácido Resistentes*”, son las que experimentan poca o ninguna corrosión superficial por la acción del

ácido fluorhídrico. Estas últimas, generalmente se someten al arenado con partículas de óxido de aluminio o de sílice, este es el caso del Zirconio. (2)

La acción del ácido fluorhídrico sobre el Zirconio se encuentra en constantes estudios, debido a las controversias existentes, algunas investigaciones dicen que no actúa de forma relevante sobre la superficie, debido a que este material no contiene vidrio y su estructura policristalina muestra gran resistencia a los ácidos (11,12). Mientras que otros estudios señalan que actúa sobre la superficie generando un patrón de grabado. (7)

La falta de sílice hace que sea difícil establecer una fuerza de unión adecuada a las resinas compuestas, para esto se han utilizado algunos adhesivos que contienen monómero de 10-metacriloxydecilfosfato deshidrogenado (10-MDP) para promover la adhesión entre la resina compuesta y el Zirconio. (13)

6. Cementación del Zirconio

En la literatura, se mencionan dos formas para la cementación del Zirconio: Convencional y Adhesiva. Para la cementación adhesiva se propone que se debe realizar un tratamiento de superficie con óxido de aluminio, luego se limpia la superficie con ácido ortofosfórico al 37% para eliminar residuos que pueden haber quedado en el material. Se aplica el agente imprimante, el cemento en base a resina y se lleva en conjunto a la preparación.

Adhesivo: Agente imprimante utilizado en Zirconio

La mayoría de los sistemas adhesivos universales incorporan monómeros basados en ésteres de fosfato. Estos poseen ciertas ventajas como unión química a metales, Zirconio y a los tejidos dentales mediante la formación de sales de calcio insolubles. Uno de estos ésteres de fosfato corresponde al 10-MDP, el cual es un monómero sintetizado en los años 1980

por Kuraray (Osaka, Japón). Uno de sus primeros usos fue en cementos de resina compuesta para adhesión de metales. Este monómero posee diversas características deseables, ya que es un monómero funcional anfipático con un grupo hidrofóbico, metacrilato en un extremo capaz de unirse a resinas basadas en metacrilato y un grupo polar fosfato en el otro extremo, el cual es capaz de unirse químicamente a los tejidos dentarios, metal o Zirconio. Además, el 10-MDP es uno de los pocos monómeros usados en adhesivos de uso dental que presenta uniones químicas a tejido dentario vía enlaces iónicos a calcio presente en la hidroxiapatita (HA). Esta unión Ca-10-MDP ocurre clínicamente luego de frotar la superficie dentaria durante 20 a 30 segundos y aplicar aire a presión para la eliminación de partículas volátiles. Los agentes imprimantes que contienen este componente son Opti bond, Clearfil, Single bond Universal, All bond Universal, GS universal. (6,11,13)

Como se mencionó anteriormente, para poder tratar la superficie del Zirconio se requiere de métodos mecánicos, como el arenado que produce una superficie rugosa. El arenado en un Zirconio altamente sinterizado crea depresiones y protuberancias agudas en la superficie que promueve la transformación de fase tetragonal a monoclinica. (11,12,16)

A pesar de que el arenado mejora la unión, su efecto sobre las propiedades mecánicas es controvertido en relación al debilitamiento mecánico que podría generar en el Zirconio, debido a la transformación de su fase que puede causar fatiga en la estructura del material. Estudios in vitro recientes informan que el arenado puede tener un efecto adverso en la superficie del Zirconio, debido a la creación de microcracks, que pueden reducir la resistencia a la flexión. (10) Sin embargo, otros investigadores informaron que el arenado fortalece las características mecánicas del Zirconio. (8) Estudios previos han demostrado que el arenado aumenta la retención de la corona sin importar el cemento utilizado. (10)

Según Tsukakoshi *et al.* el arenado es el método más efectivo para aumentar la retención micromecánica. Reddy *et al.* señala que la fuerza de

unión aumenta después del acondicionamiento de superficie con partículas de óxido de aluminio 50 μm . De acuerdo a Karimipour-Saryazdi *et al.* la aplicación del cemento correcto es más crucial que el acondicionamiento de superficie. Subaşı and Inan, al igual que Karimipour-Saryazdi *et al.* concluyeron que los tipos de cemento son más importantes que los métodos de acondicionamiento de superficie. (11)

Cementos

Los cementos dentales permiten por acción mecánica, química o por una combinación de ambas, la fijación de la restauración al diente preparado, además, cumpliendo la función adicional de sellar la interfase diente/restauración. (17)

Los cementos disponibles en Odontología se pueden clasificar de acuerdo a su química y a sus aplicaciones. Los cementos deben tener un grosor de película y una consistencia adecuada para la cementación como es descrito en “American Dental Association (ADA)” en la especificación número 96 y en “International Organization for Standardization (ISO)” especificación 9917. (18)

Las tres categorías de cementos dentales definitivos y temporales son: En base de agua, en base de resina y en base de aceite.

- a. *Cementos en base de agua:* Típicamente, se someten a una reacción de fijación ácido-base y son ácidos durante la cementación. Estos cementos no son adhesivos o tiene un baja fuerza de adhesión a la estructura del diente. Algunos cementos en base a agua proporcionan liberación de flúor. Ejemplos de estos cementos son vidrio ionómero, vidrio ionómero modificado con resina, fosfato de zinc y poliacrilato de zinc.

- b. *Cementos en base de resina*: Son químicamente similares a las resinas compuestas. Tienen mayor fuerza de adhesión a la estructura del diente cuando se unen a adhesivos dentales. En algunos casos, estos cementos son autoadhesivos en la dentina. Para algunos cementos en base a resina, los tratamientos de superficies combinados con primers y monómeros permiten la adherencia a las aleaciones metálicas o cerámicas dentales. Aunque estos cementos tienen propiedades físicas más fuertes, en general son más sensibles a la técnica de uso.

- c. *Cementos en base de aceite*: Son usados generalmente para la cementación de restauraciones temporales. En el pasado, la mayoría contenía eugenol, pero actualmente hay cementos en base de aceite sin eugenol. Estos cementos tienen un espesor de película mayor que los cementos en base de agua y de resina, y sus propiedades físicas son mucho más bajas. En cementaciones de restauraciones provisionales con estos agentes, el diente debe ser limpiado antes de aplicar el cemento. (18)

Los cementos a base de resina, son los materiales estándar utilizados para cementar una prótesis de porcelana libre de metal a las estructuras dentales. Estos cementos tienen composiciones y características similares a las restauraciones convencionales de resina compuesta y consisten en rellenos inorgánicos dentro de en una matriz orgánica (por ejemplo, Bis-GMA, TEGDMA, UDMA). La retención de una restauración en la estructura dental, y el sellado del espacio marginal entre la restauración y el diente, depende de varios factores, uno de ellos es la capacidad del agente de cementación para unirse a la superficie de la cerámica. (17)

7. Tecnología CAD/CAM

Las modernas tecnologías de producción industrial que aplican técnicas

avanzadas de elaboración digital conquistan gradualmente diversas áreas de la Odontología. La tecnología CAD/CAM especialmente estudiada y desarrollada por la Industria aeronáutica y automovilística, actualmente encuentra diversos campos de actuación que van desde la realización de utensilios domésticos hasta numerosas aplicaciones en el campo de la Medicina y Odontología. Los principios básicos que inspiraron esta nueva tecnología de trabajo fueron la disminución del tiempo de diseño y producción, con la consiguiente reducción de costos y disminución de las variables que depende del operador. (2)

En Odontología, la introducción de los sistemas automatizados, para producir estructuras protésicas a partir de bloques preformados producidos industrialmente, permitió estandarizar la calidad de los trabajos y el uso de materiales que presentan mejor desempeño con elevada calidad estética. (2)

El sistema CAD/CAM se divide en 3 etapas (19):

- *Etapas 1:* Consiste en la captura de datos (involucra la digitalización)
- *Etapas 2:* Es el procesamiento de los datos adquiridos (CAD)
- *Etapas 3:* Producción de las restauraciones (CAM)

Las herramientas utilizadas en este sistema son de digitalización, software de diseño y maquinas para producir las restauraciones.

La digitalización puede ser directa o indirecta. (19)

- a. *Directa:* Adquisición de datos del diente preparado mediante scanner intraoral, esto es ventajoso porque causa menos molestias y evita el reflejo nauseoso que se puede presentar ocasionalmente durante la impresión. Además, no es afectada por cambios dimensionales de los materiales de impresión y de vaciado. Ha demostrado ser preciso y clínicamente aceptable. Pero si el diente posee una preparación subgingival, donde es difícil aislar la saliva y la sangre, no siempre

estará garantizado tener una imagen digital precisa. También, en el caso de que el paciente presente restauraciones metálicas, estas reflejan y dispersan la luz causando una distorsión de la imagen.

- b. *Indirecta*: Las cuales se capturan digitalizando los modelos o las impresiones. Dentro de estos existen 2 métodos:
 - i. Por vaciado: En el cual primero se realiza el vaciado de la impresión para la obtención de un modelo de yeso y luego se escanea.
 - ii. Por exploración de impresiones: Los datos se obtienen a través de la impresión en sí, sin fabricar un modelo. Se pueden utilizar 2 métodos uno a través de una sonda pequeña (mecánico), pero esta puede deformar la línea de terminación donde el material de impresión es delgado; el otro método (óptico) es mediante un láser el cual es limitado para capturar socavados.

CAM (Computer Aid Manufacturing) se refiere a la fabricación de la restauración con sistema de tallado o fresado asistido por un computador. Se puede dividir en 3 grupos: (17)

- Técnica de sustracción a partir de un bloque sólido, es la técnica más utilizada para la fabricación de coronas unitarias, y el cual consiste en fresar el contorno de un bloque prefabricado industrialmente de diferentes materiales.
- Técnica de adición mediante la aplicación de materiales en un troquel.
- Técnica de fabricación de sólidos en forma libre.

Los equipos de procesamiento se distinguen entre sí por el número de ejes de fresado, existen equipos de 3 ejes, 4 ejes y hasta 5 ejes. (17)

Problema del estudio

No existe un consenso en la literatura acerca de cuál es el tratamiento de superficie adecuado para el Zirconio, ni tampoco si luego de ser efectuado, este ayuda a la adhesión con el cemento.

A nivel nacional no existen estudios del Zirconio, ya sea de tratamiento de su superficie o protocolo de cementación.

HIPÓTESIS

El tratamiento de superficie con óxido de aluminio tiene efecto sobre el Zirconio, generando un patrón de grabado que mejora los valores de adhesión, obtenidos entre el Zirconio y la resina compuesta en una prueba de tracción.

OBJETIVOS

➤ **Objetivo General:**

1. Analizar los valores de adhesión que se logran en la unión entre el Zirconio arenado con óxido de aluminio y la resina compuesta en una prueba de tracción.

➤ **Objetivos Específicos:**

1. Evaluar los valores de adhesión entre la superficie del Zirconio arenado con óxido de aluminio y la resina compuesta a través de pruebas de tracción.
2. Comparar los valores de adhesión obtenidos en el grupo intervenido (con tratamiento de superficie) y en el grupo control.
3. Evaluar el tratamiento de superficie con óxido de aluminio sobre el Zirconio a través de Microscopio estéreo Nikon SMZ-800.

MATERIAL Y MÉTODO

1. Diseño Del Estudio

- Es un estudio experimental in vitro.

2. Población y muestra

I. Confección de las probetas.

a. Preparación de las muestras de Zirconio

Se utilizaron 2 bloques de Zirconio convencional (no sinterizado) para fresar mediante sistema CAM marca DIT (4 cm de largo x 1 cm de ancho x 1 cm de alto). Mediante el uso de una máquina de corte automática (recortadora MTI) se prepararon 21 muestras de 2,2 mm de ancho x 1 cm de largo x 1 cm de alto (Ver figura 1). Posteriormente, se sinterizaron las muestras en el horno DuoTron PRO Sintering Oven modelo EX-7100 de acuerdo a las instrucciones del fabricante. En forma aleatoria, se apartaron 10 muestras para formar el grupo control (C), y las otras 10, se denominaron grupo intervenido (I).



Figura 1.- Muestras de Zirconio

b. Tratamiento de superficie de las muestras de Zirconio del grupo intervenido

A las 10 muestras del grupo intervenido (I), se les realizó un tratamiento de superficie con la arenadora del Laboratorio Schulz (Arenadora dental

Constellation Practic Metálica Epoxi) con óxido de aluminio de 50 μm , a 40 psi manteniendo una distancia de 10 milímetros durante 20 segundos, en un ángulo de 90° (Ver figura 2).



Figura 2.- Muestra de Zirconio. Arenado con óxido de Aluminio

c. Preparación de las muestras de resina

Se realizó la impresión de una muestra de Zirconio del vástago del bloque con silicona por adición de consistencia pesada (Express 3M/ESPE) generando un molde para elaborar 20 muestras de resina compuesta (Filtex Z350 XT 3M/ESPE) de las mismas dimensiones que las muestras de Zirconio (ver figura 3). Se polimerizaron con lámpara LED (Elipar 3M/ESPE) 20 segundos por incremento, y 40 segundos la polimerización final, de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Se utilizó banda de celuloide para inhibir la presencia de oxígeno.



Figura 3.- Confección de matriz de silicona para muestras de resina.

d. Cementación para confección de probetas

Se cementaron cada una de las muestras de Zirconio (control + intervenidas) con una muestra de resina, la cementación se realizó con adhesivo (Single Bond Universal 3M/ESPE) (Ver figura 4) + cemento de resina (Relyx Ultimate 3M/ESPE) (Ver figura 5) siguiendo las instrucciones del

fabricante. La polimerización de estos materiales se realizó con la lámpara LED (Elipar 3M/ESPE) durante 20 segundos por cada cara, utilizando banda de celuloide sobre y bajo la probeta para inhibir la presencia de oxígeno (Ver figuras 6 y 7). Estas muestras se almacenaron en contenedor hermético de vidrio para evitar que se contaminen.

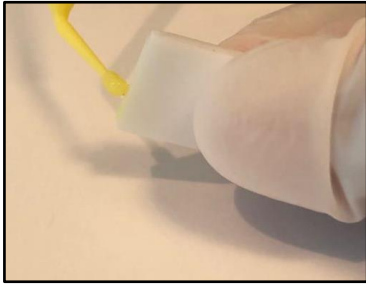


Figura 4.- Aplicación de sistema adhesivo

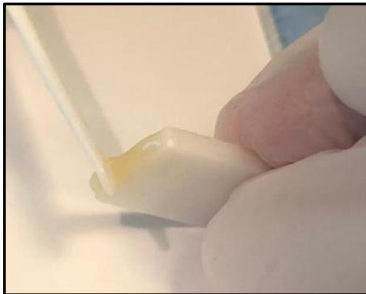


Figura 5.- Aplicación del cemento.



Figura 6.- Probeta lista para polimerizar con bandas de celuloide

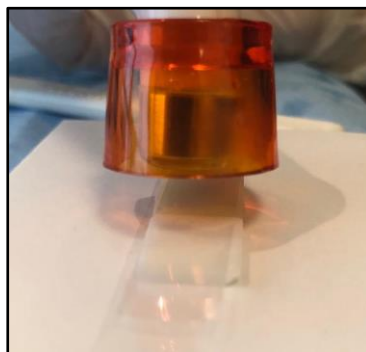


Figura 7.- Polimerización de las probetas

II. Utilización de probetas para pruebas de tracción

a. Adaptación de las probetas para testeo

Se confeccionaron asas de cera rosada en los extremos de una probeta con la forma adecuada para llevar a la máquina de testeo, con la ayuda de

silicona de consistencia pesada y liviana (Express 3M/ESPE) se impresionaron éstas asas y se confeccionó una matriz de silicona para replicarlas en acrílico en todas las probetas, (Ver figuras 8 y 9). Se le realizaron ranuras en una de las caras de las asas, para que calzara de forma perfecta en las prensas de agarre de máquina de tracción (Ver figura 10).



Figura 8.- Probetas con cera rosada en los extremos para confección de matriz.



Figura 9.- Confección de matriz con silicona pesada y liviana.

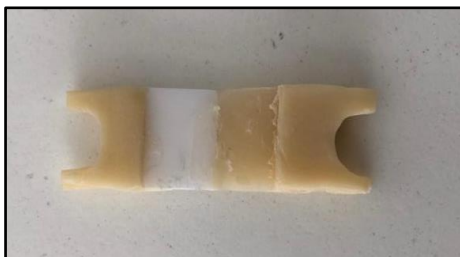


Figura 10.- Probeta lista para ser utilizada en pruebas de tracción.

b. Testeo de las muestras

Las muestras fueron puestas de forma vertical en la platina de carga máquina Materials Testing System ME-8230 (PASCO) donde fueron traccionadas en una velocidad de 1 mm/minuto (ver figura 11). Las muestras se traccionaron en relación a su eje mayor hasta que se separaron o fracturaron. Con esta prueba se analizaron los valores de adhesión.

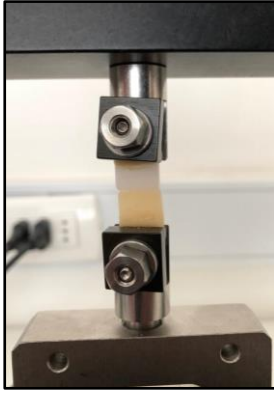


Figura 11.- Probetas puestas en máquina Materials Testing System ME-8230 para realizar pruebas de tracción.

III. Análisis de muestras en Microscopio

a. Observación de superficie de muestra de Zirconio

La muestra que no se utilizó en la confección de las probetas y fue apartada, solo se arenó por una de sus caras. Posteriormente, se analizó en el Microscopio estéreo Nikon SMZ-800 (Ver figura 12) y se fotografió inmediatamente con cámara Nikon DS-Fi1 para evaluar su superficie arenada y no arenada con distintos aumentos.



Figura 12.- Microscopio estéreo Nikon SMZ-800

3. Variables

- **Dependiente:**

Adhesión:

Variables dependientes	Definición conceptual	Naturaleza de la variable	Nivel de medición	Instrumento u obtención de datos
ADHESIÓN	Fenómeno en que 2 superficies mantienen una fuerte unión y prolongado en el tiempo. Este puede ser entre el Zirconio y el adhesivo o entre el adhesivo y el agente cementante.	Cuantitativa	Continua en MPa	Se obtendrá mediante pruebas de tracción realizadas en la máquina Materials Testing System ME-8230 (PASCO).

- **Independiente:**

Patrón de grabado:

Variables independientes	Definición conceptual	Naturaleza de la variable	Nivel de medición	Instrumento u obtención de datos
PATRÓN DE GRABADO	Superficie del Zirconio sinterizado y luego arenado con óxido de aluminio 50 μm , 40 psi manteniendo una distancia de 10 milímetros durante 20 segundos, en un ángulo de 90°	Cualitativa	Nominal	El patrón de grabado realizado en el laboratorio de la muestra apartada (n° 21), se evaluó mediante el uso de Microscopio estéreo Nikon SMZ-800 y se fotografió inmediatamente con cámara Nikon DS-Fi1.

4. Técnicas de recolección de datos.

La recolección de datos, se realizó a través de los análisis obtenidos con las pruebas de tracción y se observaron las imágenes de la superficie arenada y no arenada recopiladas en el Microscopio estéreo Nikon SMZ-800, que se fotografiaron inmediatamente con cámara Nikon DS-Fi1. Los resultados de las pruebas de tracción se tabularon en una planilla Excel para su posterior análisis estadístico utilizando el software SPSS.

Además, luego de realizar las pruebas de tracción, se guardaron cada una de las probetas en una bolsa individual con un número de identificación para su posterior análisis.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

I. Evaluación los valores de adhesión entre la superficie del Zirconio arenado con óxido de aluminio y la resina compuesta a través de pruebas de tracción.

Las pruebas de tracción fueron realizadas en la máquina Materials Testing System ME-8230 para luego ser llevadas al software PASCO Capstone, el cual dio el esfuerzo necesario para fracturar las probetas, dichos resultados fueron analizados estadísticamente usando el software SPSS, en donde, se calculó la media, desviación estándar, mínima, máxima y mediana para el grupo arenado y no arenado, los cuales se pueden apreciar en la tabla 1. Además, en las figuras 13 y 14 se aprecian los valores más significativos obtenidos de la prueba de tracción (probeta arenada y no arenada) mediante gráficos de Esfuerzo vs Deformación.

Esfuerzo (MPa)						
	N	X	Sd	Mín	Máx	Med
Arenados	9	14,7244	2,33408	11,13	18,28	14,93
No Arenados	9	10,3467	1,40764	8,19	12,68	10,45

Tabla 1.- Valores estadísticos del grado de adhesión entre Zirconio arenado y no arenado con resina compuesta

Estadísticamente, se observa que la media para el grupo arenado es de 14,7244 y para el grupo no arenado es de 10,3467, por consiguiente, para el grupo arenado se necesitó de más esfuerzo para lograr fracturar las probetas. Esto significa que el grupo arenado se rigidiza luego de realizado el tratamiento de superficie.

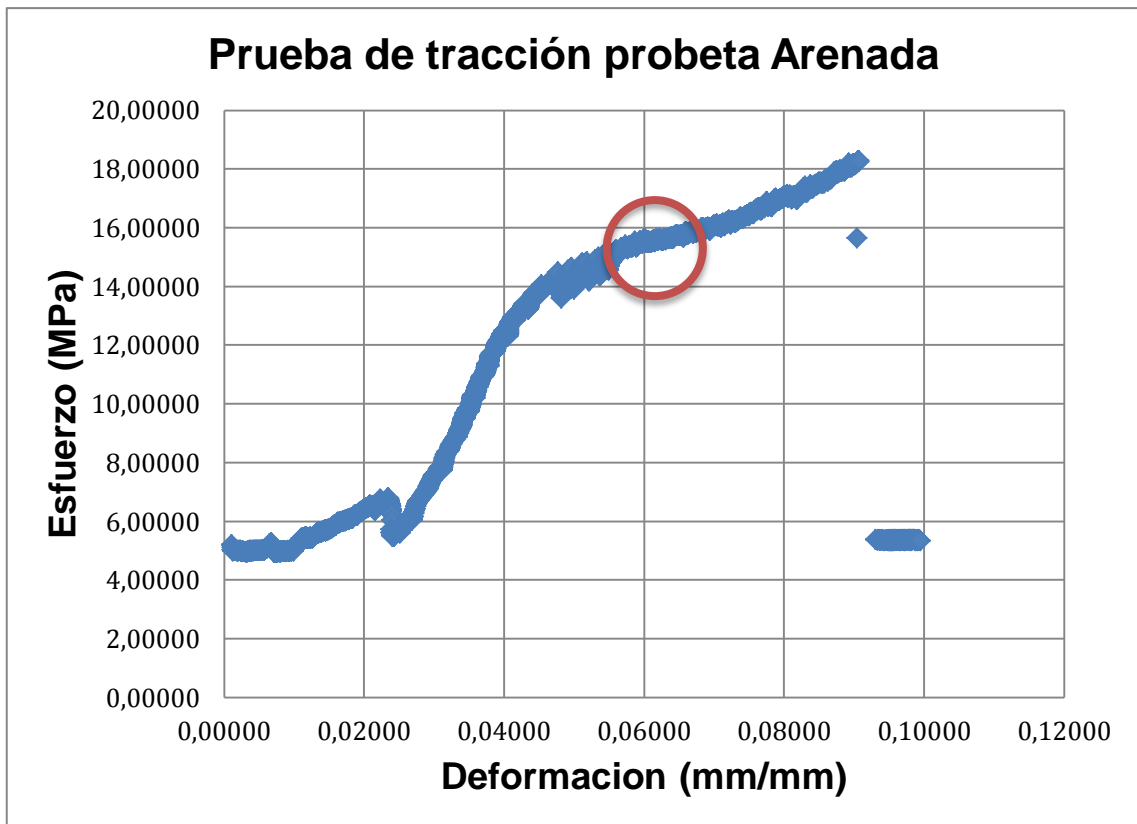


Figura 13.- Gráfico representativo de probeta arenada luego de las pruebas de tracción.

La primera zona del gráfico, se podría inferir que es producto del acomodo de la probeta en las manillas de la máquina de tracción, ya que las probetas se tuvieron que modificar para poder ser utilizadas, es por esto que la curva parte de una manera atípica. Posterior a esto, se aprecia la zona elástica, hasta el límite elástico que se encuentra dentro del círculo rojo (16 MPa), sigue la zona plástica hasta la fractura que es el último punto de la línea azul. En este gráfico podemos observar que se necesitó de 18 MPa apróx., para lograr fracturar la probeta.

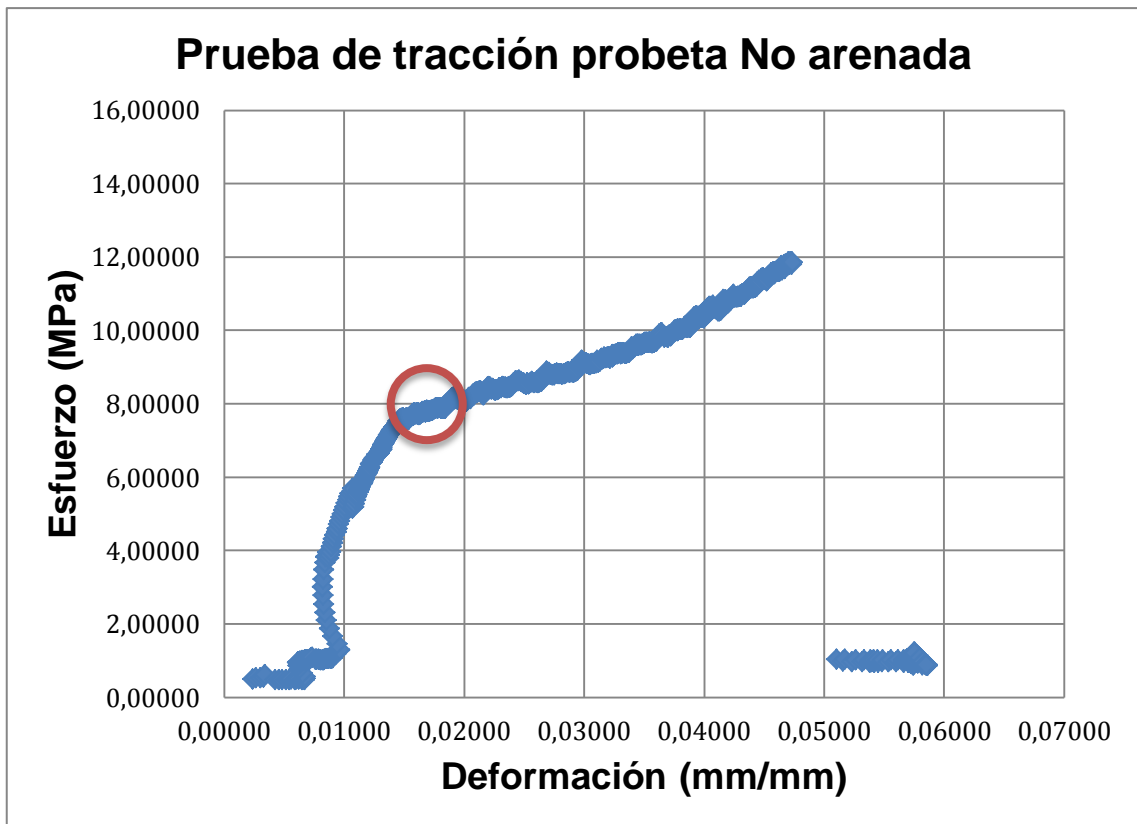


Figura 14.- Gráfico representativo de probeta No arenada, luego de las pruebas de tracción.

En este gráfico, con la probeta no arenada, se aprecia la misma zona de comportamiento atípico al inicio de la prueba de tracción, posterior a esto comienza la etapa elástica, que dura aproximadamente hasta los 8 MPa en el eje vertical de Esfuerzo (demarcado en el círculo rojo), luego comienza la zona plástica y termina con la fractura a los 12 MPa aproximadamente.

II. Comparación de los valores de adhesión obtenidos en el grupo intervenido (con tratamiento de superficie) y en el grupo control.

Los resultados obtenidos fueron analizados mediante la prueba no paramétrica de U de Mann Whitney tanto para el grupo control (no arenados) como para el grupo intervenido (arenados), los cuales se ven representados en la figura 15.

En la prueba de U de Mann Whitney se comparan los valores medios, en este caso la mediana, en relación a cuánto se alejan los valores en torno a su media.

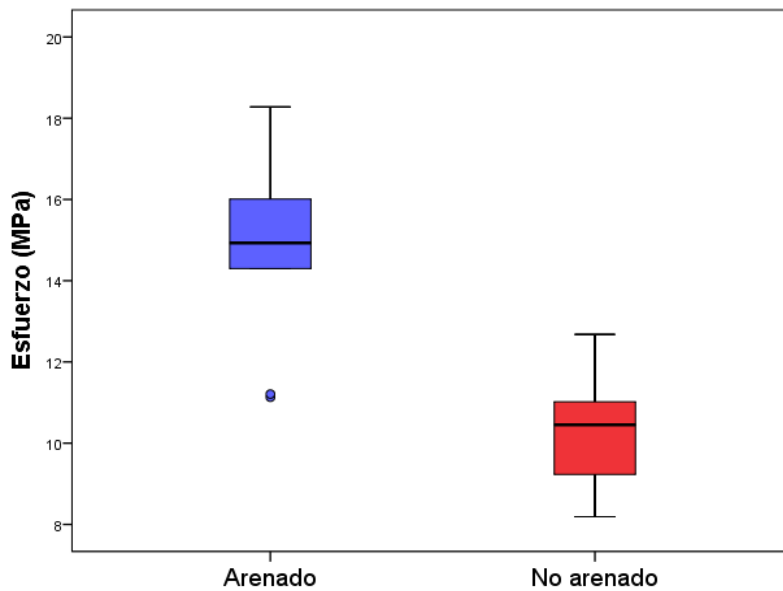


Figura 15.- Gráfico de cajas comparando grupo Arenado vs No arenado. Prueba U de Mann Whitney de comparación de media. Esfuerzo p-valor= 0,001

Las diferencias encontradas son estadísticamente significativas.

III. Evaluación del tratamiento de superficie con óxido de aluminio sobre el Zirconio.

Se analizó la muestra de Zirconio, que poseía sola una de sus caras arenada con óxido de aluminio, mediante el Microscopio estéreo Nikon SMZ-800 y se fotografió inmediatamente con cámara Nikon DS-Fi1, la cual arrojó las siguientes imágenes.

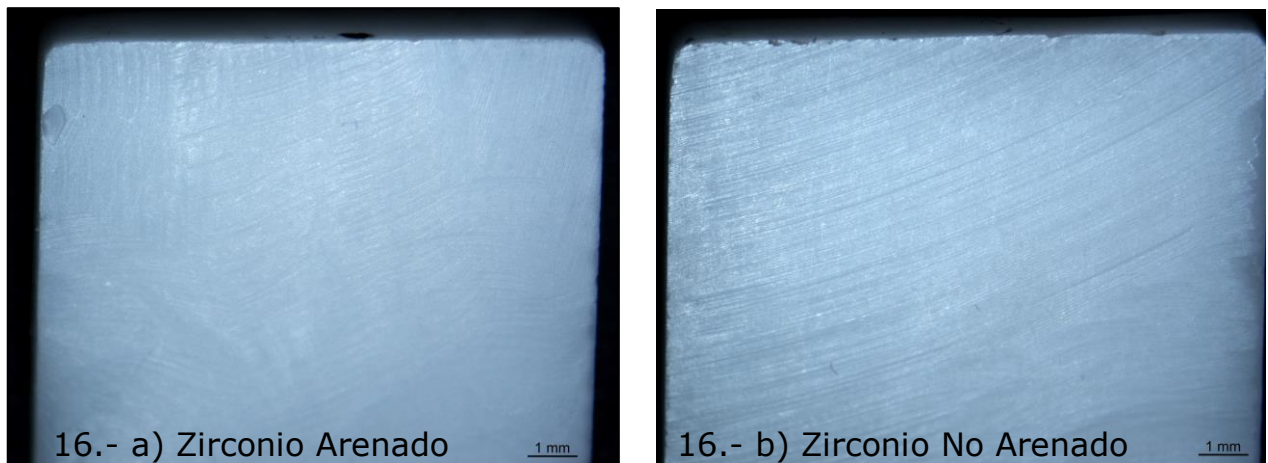


Figura 16.- Imágenes obtenidas del Microscopio estéreo Nikon SMZ-800 mediante cámara Nikon DS-Fi1. Parte superior a) Muestra de Zirconio sinterizado con tratamiento de superficie. Barra 1 mm. b) Muestra de Zirconio sinterizado sin tratamiento de superficie. Barra 1 mm.

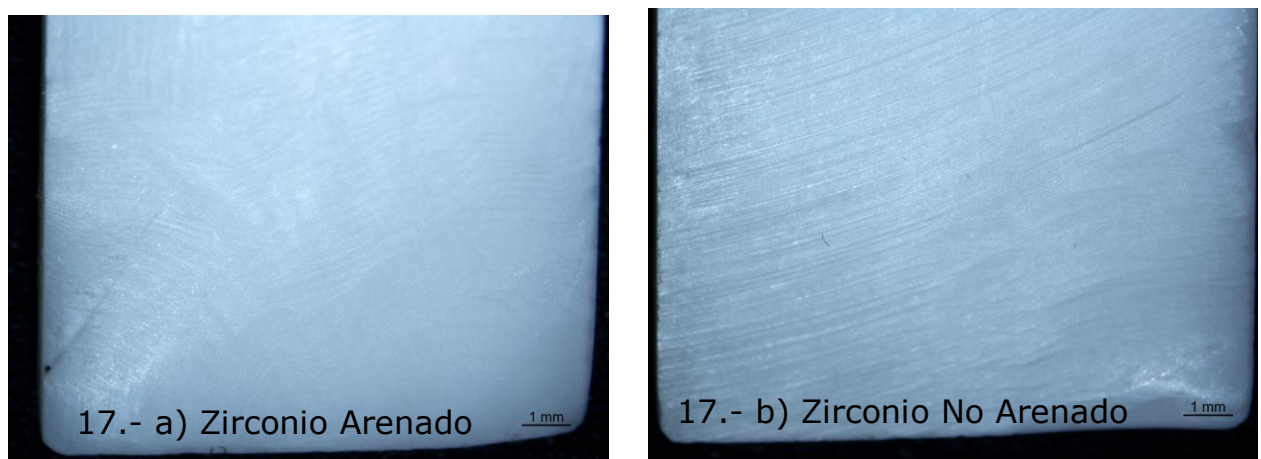


Figura 17.- Imágenes obtenidas del Microscopio estéreo Nikon SMZ-800 mediante cámara Nikon DS-Fi1. Parte inferior a) Muestra de Zirconio

sinterizado con tratamiento de superficie. Barra 1 mm. b) Muestra de Zirconio sinterizado sin tratamiento de superficie. Barra 1 mm.

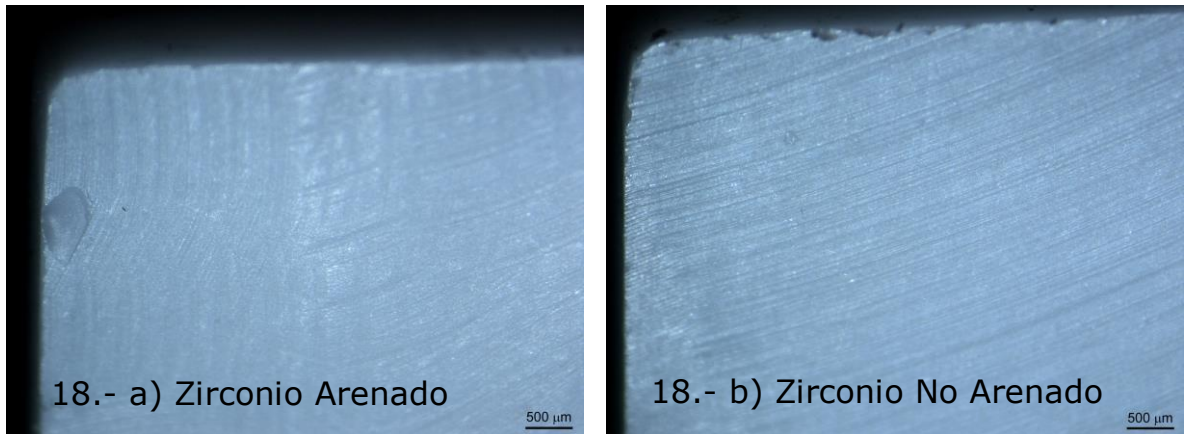


Figura 18.- Imágenes obtenidas del Microscopio estéreo Nikon SMZ-800 mediante cámara Nikon DS-Fi1. Parte superior izquierda. a) Muestra de Zirconio sinterizado con tratamiento de superficie. Barra 500 μm b) Muestra de Zirconio sinterizado sin tratamiento de superficie. Barra 500 μm.

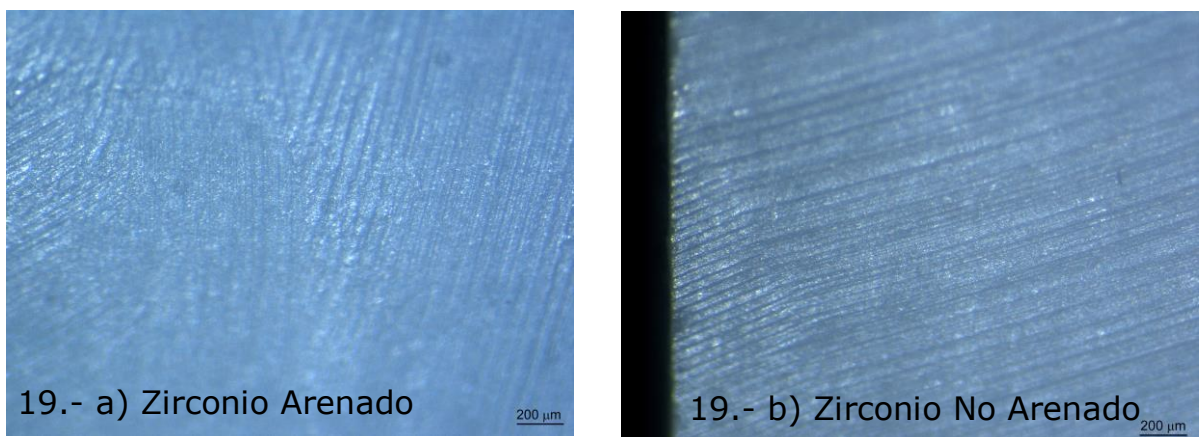


Figura 19.- Imágenes obtenidas del Microscopio estéreo Nikon SMZ-800 mediante cámara Nikon DS-Fi1. a) Muestra de Zirconio sinterizado con tratamiento de superficie. 200 μm. b) Muestra de Zirconio sinterizado sin tratamiento de superficie. Barra 200 μm.

Luego de observar las figuras 16 a 19 se aprecia que en las imágenes del Zirconio arenado (a) existe un patrón irregular de depresiones y solevantamientos, en cambio, en las imágenes del Zirconio no arenado (b) el patrón es regular y homogéneo, siempre sigue la misma dirección. A mayor aumento, se pueden ver con mayor claridad cada uno de estos cambios.

DISCUSIÓN

El uso de materiales cerámicos demanda un gran conocimiento de parte del Odontólogo, para seleccionar correctamente de acuerdo a la situación clínica cuál cerámica dará los mejores resultados. En Rehabilitación, la fuerza de retención sobre el diente pilar previene futuras fallas de tratamiento, por consiguiente la unión adhesiva entre los materiales cerámicos y la estructura dentaria, a través de un cemento de resina, es un requisito muy importante para impedir un futuro desalojo de la restauración. (20)

Los tratamientos de superficie de los materiales cerámicos, como es el caso del arenado, se utilizan para formar rugosidades e irregularidades en la superficie y con esto, aumentar el área de unión al cemento. (8)

En el caso del Zirconio, el protocolo empleado para el tratamiento de superficie con óxido de aluminio está en constante discusión, ya que existen autores que difieren de si es necesario el arenado o no, para aumentar la adhesión entre el elemento protésico de Zirconio y la estructura dentaria, en el proceso de cementación.

Una de las limitaciones de este estudio, fue que no existen investigaciones donde se utilice el mismo protocolo de cementación, mismo tipo de muestra (tamaño, forma, grosor, etc.), los mismos materiales (adhesivo, cementos, máquina de tracción, modificación de probeta, entre otros), con las cuales comparar los resultados obtenidos.

Moon, Ji-Eun *et al.* en el año 2016 evaluaron el efecto del arenado con óxido de aluminio sobre la superficie de Zirconio monolítico y la resistencia al cizallamiento del cemento de resina. Compararon 3 tamaños de partículas de óxido de aluminio para arenado (25, 50 y 125 μm) y concluyeron que los mayores valores de adhesión se obtuvieron con partículas de 50 μm durante 20 segundos ($18,3 \pm 3,64$ MPa) (10). En el presente estudio se utilizó el mismo

protocolo de arenado, es decir, 50 μm durante 20 segundos y se obtuvieron valores similares $14,7244 \pm 2,33$ MPa. Por lo tanto, para estudios posteriores se puede utilizar esta misma metodología, puesto que está estandarizado el protocolo del arenado con óxido de aluminio sobre el Zirconio monolítico.

Külünk *et al.* en el año 2017 discutieron en relación a la aplicación de Silano-Pen (aplicador de silano para el tratamiento de superficie), después del arenado con 50 μm de Al_2O_3 , los autores señalan que podría afectar la transformación de la fase tetragonal a la monoclinica, disminuyendo su resistencia. En el estudio obtuvieron valores mayores de resistencia a la flexión en los grupos tratados con Silano-Pen, y existieron diferencias significativas entre los otros grupos que solo utilizaron arenado con óxido de aluminio de diferentes tamaños de partículas (30 μm Al_2O_3 = 8,2 MPa y 50 μm Al_2O_3 = 8,4 MPa) y el grupo que utilizó recubrimiento con silano (9,2 MPa). Las muestras se cementaron con cemento de resina Panavia F 2.0. (12) En el presente trabajo los valores obtenidos fueron mayores, ya que se obtuvo un promedio de 14,7 MPa en las probetas arenadas vs 8,4 MPa en el estudio de KÜLÜNK *et al.* El resto de la metodología no es comparable.

Lee J-H, Lee C-H en el año 2017 evaluaron la resistencia al cizallamiento de dos cementos de resina (Panavia F 2.0 Kuraray Medical Inc, Okayama, Japón) y Variolink N (Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein) en 112 especímenes de Zirconio, trataron su superficie con arenado y ácido fluorhídrico en concentraciones de 20%, 30% o 40% durante 1 o 2 horas. Los valores registrados fueron los siguientes: 1) Aplicación de ácido fluorhídrico durante 1 hora: $26,03 \pm 1,71$ MPa (20%), $40,60 \pm 2,30$ MPa (30%) y $48,30 \pm 1,52$ MPa (40%) 2) Aplicación de ácido fluorhídrico durante 2 horas: $33,67 \pm 3,60$ MPa (20%), $44,19 \pm 3,01$ MPa (30%) y $51,03 \pm 1,53$ MPa (40%). Esto podría sugerir que el uso de ácido fluorhídrico a altas concentraciones y por un tiempo prolongado, podría aumentar la resistencia flexural. (7)

Kim TW *et al.* en el año 2015 evaluaron la unión a Zirconio de 5 adhesivos que contenían MDP. Utilizaron quince bloques Y-TZP y 15 bloques

de resina compuesta en forma de cilindro (2 mm de altura y 0,8 mm de diámetro), uno de los adhesivos fue single bond universal, no especificaron el cemento de resina utilizado. Las muestras se arenaron previamente con óxido de aluminio. El promedio de fuerza a la tracción fue de 35,38 MPa cuando se utilizó el adhesivo single bond universal. (13) Los valores obtenidos resultaron ser mayores a los obtenidos en este estudio (Media de 14,7 MPa). Por lo cual se podrían atribuir los mayores valores al tamaño y tipo de la muestra, y al cemento utilizado.

En el estudio realizado en el año 2018 por Henriquez B. *et al.* se evaluó el efecto del tratamiento de la superficie del Zirconio con láser comparándolo con el tratamiento convencional de arenado. Se utilizaron treinta cilindros de Zirconio, previamente sinterizados, formaron tres grupos con diferentes tipos de acondicionamiento de la superficie: 1) arenado con 50 μm de Al_2O_3 ; 2) Láser (orificios de 25 μm); y 3) Láser (orificios de 50 μm). Los grupos tratados con láser presentaron la mayor resistencia (65 ± 16 MPa y 65 ± 11 MPa, para los orificios de 25 μm y 50 μm , respectivamente). Las muestras arenadas con óxido de aluminio presentaron una resistencia de 37 ± 16 MPa. (21) Esto podría sugerir que el uso de tratamiento de superficie con láser proporciona una mayor resistencia a la tracción que el arenado. Por consiguiente, se puede sugerir que el uso de láser podría ser una buena alternativa de tratamiento de superficie para el Zirconio, pero no es tan accesible como el arenado con óxido de aluminio 50 μm durante 20 segundos, ya que éste último se realiza de forma sencilla y rápida, mejorando los valores de adhesión. Al realizar una comparación de los valores obtenidos en los estudios, se puede concluir que el tratamiento con láser da valores muy superiores de adhesión 65 ± 16 MPa y 65 ± 11 MPa, para los orificios de 25 μm y 50 μm , respectivamente vs las probetas arenadas de este estudio que obtuvieron una resistencia a la tracción de $14,5 \pm 2,33$ MPa.

El propósito del presente estudio fue evaluar el aporte del patrón de grabado mediante arenado con óxido de aluminio a los valores de adhesión

entre el Zirconio y la resina compuesta, para estandarizar protocolos clínicos al momento de cementar una restauración de Zirconio con un cemento de resina.

CONCLUSIÓN

De acuerdo a la metodología utilizada en el presente estudio, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Las probetas que tenían tratamiento de superficie con óxido de aluminio 50 μm durante 20 segundos, obtuvieron valores de adhesión mayores, comparados con las probetas que no poseían este tratamiento de superficie.
- La resistencia adhesiva del grupo control (no arenado) frente a las fuerzas de tracción, fue menor que las muestras tratadas (arenadas) ($10,3467 \pm 1,40$ MPa vs $14,7244 \pm 2,33$ MPa).
- La hipótesis nula es que sí existe una diferencia significativa entre el grupo arenado y el grupo no arenado cuando es cementado con las muestras de resina compuesta, ya que p-valor fue menor a 0,005, por lo cual se acepta.
- Existen diferencias ópticas luego del arenado con óxido de aluminio a 50 μm durante 20 segundos.

A la luz de nuestros resultados, es necesario realizar más estudios en diferentes tipos de Zirconio que son utilizados en clínica, para posteriormente estandarizar de mejor manera los protocolos clínicos.

CONSIDERACIONES ÉTICAS

Para la realización de este estudio se utilizaron muestras de bloques de Zirconio, los cuales fueron comprados en el laboratorio Dental Innovation Techniques y los tratamientos de éstos se realizaron de forma particular.

En este trabajo no se utilizaron ningún tipo de muestra humana o de origen animal.

Los autores de este trabajo de investigación declaran no tener conflicto de interés

Además, fue autorizado por el CEC de la Universidad Finis Terrae

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Zhang Y, Kelly JR. Dental Ceramics for Restoration and Metal Veneering. Dent Clin North Am [Internet]. octubre de 2017 [citado 21 de junio de 2018];61(4):797–819. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28886769>
2. Bottino MA, Faria R, Valandro LF. Percepción. Estética en Prótesis Libres de Metal en Dientes Naturales e Implantes. 1ª ed. sao paulo: Artes Medicas; 2009. 766 p.
3. Barrancos Mooney J, Barrancos PJ. Operatoria dental: integración clínica [Internet]. 4ª ed. Editorial Médica Panamerica; 2006 [citado 27 de mayo de 2018]. 1275 p. Disponible en: <https://books.google.cl/books?id=zDFxeYR8QWwC&pg=PA1189&dq=introduccion+a+la+ceramica+dental&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjQ6tvEmqf bAhUMjpAKHdzaC98Q6AEIJzAA - v=onepage&q=introduccion a la ceramica dental&f=false>
4. Conceição EN. Odontología restauradora: salud y estética [Internet]. Editorial Médica Panamericana; 2008 [citado 30 de mayo de 2018]. 541 p. Disponible en: <https://www.medicapanamericana.com/Libros/Libro/3885/Odontologia-Restauradora.html>
5. Gracis S, Thompson VP, Ferencz JL, Silva NRFA, Bonfante EA. A new classification system for all-ceramic and ceramic-like restorative materials. Int J Prosthodont [Internet]. [citado 30 de mayo de 2018];28(3):227–35. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25965634>
6. Libeck W, Elsayed A, Lehmann F, Kern M. Efficacy of Different Surface Treatments for Intraoral Repair of Veneered Zirconia Frameworks. J Adhes Dent [Internet]. 2017 [citado 30 de mayo de 2018];19(4):323–9. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28849798>

7. Lee J-H, Lee C-H. Effect of the Surface Treatment Method Using Airborne-Particle Abrasion and Hydrofluoric Acid on the Shear Bond Strength of Resin Cement to Zirconia. Dent J [Internet]. 17 de julio de 2017 [citado 30 de mayo de 2018];5(3):23. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29563429>
8. Abd El-Ghany OS, Sherief AH. Zirconia based ceramics, some clinical and biological aspects: Review. Futur Dent J [Internet]. 1 de diciembre de 2016 [citado 30 de mayo de 2018];2(2):55–64. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2314718016300398>
9. Margarita D, Garzón Rayo H. CEMENTACIÓN DE ESTRUCTURAS PARA PRÓTESIS PARCIAL FIJA EN ZIRCONIA. Rev Fac Odontol Univ Antioquia [Internet]. 2013 [citado 24 de noviembre de 2018];24(2):321–35. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-246X2013000100011&lng=en.
10. Moon J-E, Kim S-H, Lee J-B, Han J-S, Yeo I-S, Ha S-R. Effects of airborne-particle abrasion protocol choice on the surface characteristics of monolithic zirconia materials and the shear bond strength of resin cement. Ceram Int [Internet]. 1 de enero de 2016 [citado 26 de octubre de 2018];42(1):1552–62. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S027288421501812X>
11. Cho JH, Kim SJ, Shim JS, Lee K-W. Effect of zirconia surface treatment using nitric acid-hydrofluoric acid on the shear bond strengths of resin cements. J Adv Prosthodont [Internet]. abril de 2017 [citado 30 de mayo de 2018];9(2):77. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28435615>
12. KÜLÜNK Ş, KÜLÜNK T, KAVUT İ, SARAÇ D, ERGÜN KUNT G. Fracture Strength of Surface Treated Zirconia Based Multilayer CAD/CAM Ceramic Crowns. Turkiye Klin J Dent Sci [Internet]. 2017 [citado 30 de mayo de 2018];23(3):174–83. Disponible en: <http://www.turkiyeklinikleri.com/article/en-fracture-strength-of-surface->

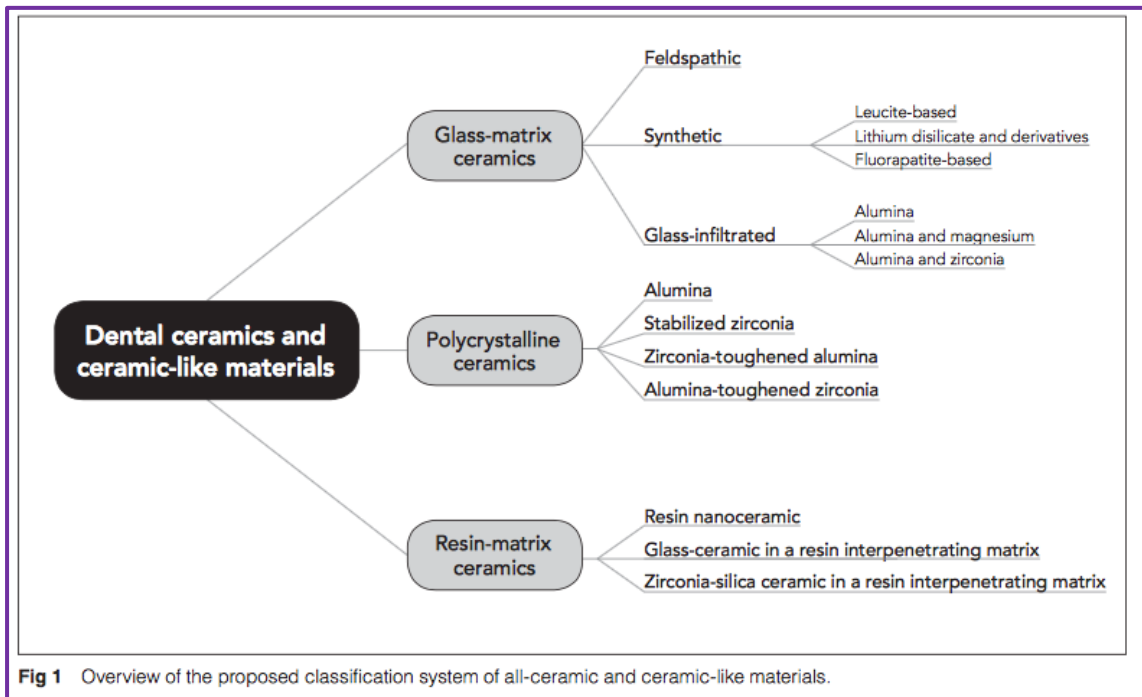
[treated-zirconia-based-multilayer-cad-cam-ceramic-crowns-78495.html](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0109564115002985)

13. Kim TW, Yang DK, Kim SI, Shin SJ, Park JW. Evaluation of universal bonding agent containing MDP on zirconia bonding. Dent Mater [Internet]. 1 de enero de 2015 [citado 27 de mayo de 2018];31:e37–8. Disponible en: [https://www.sciencedirect-com.ezproxy.puc.cl/science/article/pii/S0109564115002985?via=ihub](https://www.sciencedirect.com.ezproxy.puc.cl/science/article/pii/S0109564115002985?via=ihub)
14. Kim TW, Kim SI, Shin SJ, Yoo HK, Lee GY, Park JW. Evaluation of universal bonding agent containing MDP on zirconia bonding. Dent Mater [Internet]. 1 de enero de 2016 [citado 30 de mayo de 2018];32:e64–5. Disponible en: <https://www.sciencedirect-com.ezproxy.puc.cl/science/article/pii/S0109564116302780?via=ihub>
15. Moncada G, García Fonseca R, de Oliveira OB, Fernández E, Martín J, Vildósola P. Rol del 10-metacriloxidecilsfato dihidrogenado en el cambio de paradigma de los sistemas adhesivos integrados en la dentina. Rev Clínica Periodoncia, Implantol y Rehab Oral [Internet]. 1 de diciembre de 2014 [citado 13 de junio de 2018];7(3):194–9. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0718539114000093>
16. Seabra B, Arantes-Oliveira S, Portugal J. Influence of multimode universal adhesives and zirconia primer application techniques on zirconia repair. J Prosthet Dent [Internet]. 1 de agosto de 2014 [citado 13 de junio de 2018];112(2):182–7. Disponible en: <https://www.sciencedirect-com.ezproxy.puc.cl/science/article/pii/S0022391313003478?via=ihub>
17. Pegoraro TA, da Silva NRFA, Carvalho RM. Cements for Use in Esthetic Dentistry. Dent Clin North Am [Internet]. abril de 2007 [citado 8 de julio de 2018];51(2):453–71. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17532922>
18. Freedman GA. Contemporary esthetic dentistry [Internet]. Mosby; 2012 [citado 8 de julio de 2018]. Disponible en: <https://books.google.cl/books?id=JP82IK46EtEC&pg=PA537&dq=dental+>

[cementation&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiD08bg8OzbAhXMEpAKHczJC
uEQ6AEITjAF - v=onepage&q=dental cementation&f=false](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29428522/)

19. Lee B, Oh KC, Haam D, Lee J-H, Moon H-S. Evaluation of the fit of zirconia copings fabricated by direct and indirect digital impression procedures. J Prosthet Dent [Internet]. 7 de febrero de 2018 [citado 30 de mayo de 2018]; Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29428522>
20. Taira Y, Sakai M, Soeno K, Sawase T. Comparison of four silane primers and an isocyanate primer for bonding of tri-n-butylborane resin to a leucite-reinforced glass ceramic. J Prosthodont Res [Internet]. 1 de abril de 2013 [citado 28 de noviembre de 2018];57(2):88–92. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1883195812000965?via=ihub>
21. Henriques B, Fabris D, Souza JCM, Silva FS, Carvalho Ó, Fredel MC, et al. Bond strength enhancement of zirconia-porcelain interfaces via Nd:YAG laser surface structuring. J Mech Behav Biomed Mater [Internet]. 1 de mayo de 2018 [citado 28 de noviembre de 2018];81:161–7. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com.pucdechile.idm.oclc.org/science/article/pii/S1751616118302327>

ANEXOS



Anexo 1. Visión general del sistema de clasificación propuesto de materiales cerámicos y materiales similares a la cerámica.