

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**

**Colegio de Posgrados**

Evaluación por medio de pruebas de microcizallamiento de los valores adhesivos de dos nanocerámicas CAD - CAM empleando distintos tratamientos de superficie previos a la cementación adhesiva: estudio in vitro

**David Sebastián Franco Monge**

**Dra. Cristina Burbano  
Especialista en Rehabilitación Oral  
Directora de Tesis**

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de  
Especialista en Rehabilitación Oral

Quito, Marzo 2022

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**

**COLEGIO DE POSTGRADOS**

HOJA DE APROBACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

**Evaluación por medio de pruebas de microcizallamiento de los valores adhesivos de dos nanocerámicas CAD - CAM empleando distintos tratamientos de superficie previos a la cementación adhesiva: estudio in vitro**

**David Sebastián Franco Monge**

Nombre de Directora del Programa: Nancy Mena  
Título académico: Doctora  
Director del programa de: Especialización en  
Rehabilitación Oral

Nombre del Decano del colegio Académico: Paulina Aliaga  
Título académico: Doctora  
Decana del Colegio: Odontología

Nombre del Decano del Colegio de Posgrados: Hugo Burgos  
Título académico: PhD

**Quito, Marzo 2022**

## © DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombre del estudiante: David Sebastián Franco Monge

Código de estudiante: 00203366

C.I.: 1719926139

Lugar y fecha: Quito, 17 de marzo de 2022.

## **ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN**

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETheses>.

## **UNPUBLISHED DOCUMENT**

Note: The following graduation project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETheses>.

## DEDICATORIA

Dedicado a mis padres María Elena y Jesus, a mi hermano Julián y a mi prometida Gabriela.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mis padres por el apoyo incondicional presente en todos los momentos de mi carrera y profesión, lo que me permitió ingresar y culminar este posgrado. Además, a mi compañera, amiga y pareja Gabriela, con la que compartí cada una de las experiencias en este posgrado, apoyándome y guiándome en cada paso que daba. A todos los profesores del posgrado, especialmente a la Dra. Cristina Burbano y al Dr. Andrés Dávila quienes no dudaron en brindarme su apoyo durante todo el proceso de la elaboración de la tesis.

## RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar los valores de adhesión de dos nanocerámicas CAD-CAM con diferentes tratamientos de superficie previo a la cementación. En este estudio se utilizaron dos bloques de nanocerámica CAD-CAM, Cerasmart y Tetric Cad, de donde se obtuvieron 30 muestras. Se crearon los siguientes grupos de forma aleatoria, de acuerdo a su tratamiento de superficie: Grupo 1 (ASA): Arenado con óxido de aluminio + silano + adhesivo universal. Grupo 2 (AS): Arenado con óxido de aluminio + silano. Grupo 3 (AMA): Arenado con óxido de aluminio + monobond etch and prime + adhesivo. Posterior a los tratamientos de superficie se colocaron tubos Tygon sobre la superficie de la muestra y se llenó de cemento resinoso. Para medir los valores de resistencia se realizó el test de microcizallamiento ( $\mu$ SBS). Para Cerasmart el grupo AMA obtuvo los valores más altos de adhesión ( $21,0 \pm 2.6$ ). Por otra parte, el valor de adhesión más bajo se obtuvo en el grupo AS ( $17,9 \pm 3.8$ ). El grupo ASA en cambio obtuvo un valor intermedio entre ambos grupos ( $20,6 \pm 3.0$ ). La prueba post hoc de Tukey mostró diferencias entre las medias de los grupos, donde se determinó que el grupo AS presentó diferencias estadísticamente significativas con el resto de grupos, con el grupo ASA (nivel 0.002 es decir  $< 0,05$ ) y con el grupo AMA (nivel 0.000 es decir  $< 0.05$ ). Entre los grupos ASA y AMA no hubo diferencias significativas con ( $0.874 > 0,05$ ). Para Tetric Cad el grupo ASA obtuvo los valores más altos de adhesión ( $24,2 \pm 2.9$ ). Por otra parte, el valor de adhesión más bajo se obtuvo en el grupo AS ( $20,2 \pm 1.6$ ). El grupo AMA en cambio obtuvo un valor intermedio entre ambos grupos ( $23,1 \pm 2.6$ ). Se determinó que el grupo AS presentó diferencias estadísticamente significativas con los grupos ASA y AMA (nivel 0.000 es decir  $< 0.05$ ). Entre los grupos ASA y AMA no hubo diferencias significativas con ( $0.147 > 0,05$ ). En conclusión, los resultados obtenidos muestran que tanto para Cerasmart como para Tetric Cad, los tratamientos de superficie con los valores de adhesión más altos fueron los protocolos que incluyeron el arenado y la aplicación de adhesivo universal, solo difiriendo en el uso de silano y del primer autograbante, éste último sin presentar ninguna diferencia o mejora significativa. Los grupos que presentaron menores valores de adhesión para ambos materiales, fueron en los que se excluyó la aplicación de adhesivo universal. Con esto se confirma que la aplicación de adhesivo universal, incrementa significativamente los valores de adhesión en la cementación de este tipo de materiales.

**Palabras Claves:** Nanocerámicas, Nanohíbridas, CAD-CAM, Tratamiento de superficie, Cementación, Adhesión, Microcizallamiento

## ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the adhesion values of two CAD-CAM nanoceramics with different surface treatments prior to cementation. In this study, two CAD-CAM nanoceramic blocks, Cerasmart and Tetric Cad, were used, from which 30 samples were obtained. The following groups were randomly created, according to their surface treatment: Group 1 (ASA): Sandblasted with aluminum oxide + silane + universal adhesive. Group 2 (AS): Sandblasted with aluminum oxide + silane. Group 3 (AMA): Sandblasted with aluminum oxide + monobond etch and prime + adhesive. After the surface treatments, Tygon tubes were placed on the surface of the sample and filled with resinous cement. To measure the resistance values, the microshear test ( $\mu$ SBS) was performed. For Cerasmart, the AMA group obtained the highest adhesion values ( $21.0 \pm 2.6$ ). On the other hand, the lowest adhesion value was obtained in the AS group ( $17.9 \pm 3.8$ ). The ASA group, on the other hand, obtained an intermediate value between both groups ( $20.6 \pm 3.0$ ). Tukey's post hoc test showed differences between the means of the groups. It was determined that the AS group presented statistically significant differences with the rest of the groups, with the ASA group (level 0.002, that is,  $<0.05$ ) and with the AMA group (level 0.000, that is,  $<0.05$ ). Between the ASA and AMA groups there were no significant differences with ( $0.874 > 0.05$ ). For Tetric Cad, the ASA group obtained the highest adherence values ( $24.2 \pm 2.9$ ). On the other hand, the lowest adherence value was obtained in the AS group ( $20.2 \pm 1.6$ ). The AMA group, on the other hand, obtained an intermediate value between both groups ( $23.1 \pm 2.6$ ). It was determined that the AS group presented statistically significant differences with the ASA and AMA groups (level 0.000, that is,  $<0.05$ ). Between the ASA and AMA groups there were no significant differences with ( $0.147 > 0.05$ ). In conclusion, the results obtained show that for both Cerasmart and Tetric Cad, the surface treatments with the highest adhesion values were the protocols that included sandblasting and sandblasting. application of universal adhesive, only differing in the use of silane and the primer self-etching, the latter without presenting any difference or significant improvement. The groups that presented lower adhesion values for both materials were those in which the application of a universal adhesive. This confirms that the application of universal adhesive significantly increases the adhesion values in the cementation of this type of material.

**Keywords:** Nanoceramics, Nanohybrids, CAD-CAM, Surface treatment, Cementation, Adhesion, Microshear



## Tabla de contenido

1.	Introducción.....	11
2.	Objetivos.....	13
2.1	Objetivo General.....	13
2.2	Objetivos Específicos.....	13
3.	Justificación.....	14
4.	Hipótesis:.....	15
5.	Marco Teórico.....	16
5.1.	Odontología restauradora adhesiva.....	16
5.2.	Cerámicas Dentales.....	16
5.3.	Composites indirectos.....	17
5.4	CAD - CAM.....	18
5.4.1	Antecedentes Históricos.....	18
5.4.2	Evolución de la tecnología CAD - CAM.....	18
5.4.3.	Características y Funcionamiento.....	19
5.4.4.	Materiales.....	19
5.5.	Cementación Adhesiva.....	25
5.5.1.	Tratamientos de superficie.....	26
5.6.	Tratamientos de superficie de acuerdo al tipo de material restaurador.....	30
5.6.1.	Tratamientos de superficies en cerámicas vítreas.....	30
5.6.2.	Tratamientos de superficies en cerámicas cristalinas.....	30
5.6.3.	Tratamientos de superficies en resinas.....	31
5.6.4.	Tratamientos de superficies en nanocerámicas o nanohíbridos.....	32
5.6.5.	Tratamientos de superficies en cerámicas infiltradas por polímero.....	32
6.2.3	Pruebas para evaluar adhesión.....	33
7.	Materiales y Métodos.....	35
7.1	Tipo de Investigación.....	35
7.2	Materiales.....	35
7.3	Población – Muestras.....	36
7.4	Criterios de Inclusión.....	36
7.5	Criterios de Exclusión.....	36
7.6	Obtención de muestras.....	36
7.7	Cortes de muestras.....	36
7.8	Preparación de muestras.....	37
7.9	Test de microcizallamiento.....	40
8.	Resultados.....	43
9.	Discusión.....	47
10.	Conclusiones.....	50
	Bibliografía.....	51

## Índice de Tablas

Tabla 1. Composición de nanocerámicas CAD-CAM.....	25
Tabla 2. Análisis descriptivo del promedio con la desviación estándar Cerasmart .....	42
Tabla 3. Comparación del nivel de significancia Cerasmart.....	43
Tabla 4. Análisis descriptivo del promedio con la desviación estándar Tetric Cad .....	44
Tabla 5. Comparación del nivel de significancia Tetric Cad .....	45

## Índice de Figuras

Fig. 1 Máquina de corte Isomed 1000 .....	36
Fig. 2 Muestra embutida en acrílico dentro de tubo PVC .....	37
Figs.3 Cortadora de tubos Tygon .....	39
Fig.4 Colocación de tubos Tygon sobre la muestra .....	39
Fig. 5 Pilares de cemento, después de remover los tubos Tygon .....	39
Fig. 6 Máquina de prueba universal .....	40
Fig. 7 Se observa el alambre tirando del pilar del cemento .....	41
Fig. 8 Software donde se registran los valores de fuerza .....	41

## Índice de gráficas

Grafica 1. Barras del promedio de los resultados de $\mu$ SBS en Mpa en Cerasmart .....	43
Grafica 2. Barras del promedio de los resultados de $\mu$ SBS en Mpa en Tetric Cad .....	45

## 1. INTRODUCCIÓN

La odontología restauradora adhesiva se enfoca en obtener una restauración óptima en funcionalidad y en estética, por lo cual el profesional debe seguir con prolijidad cada una de las etapas clínicas y de laboratorio (Montevaseelian et al., 2019). Además, existen otros aspectos importantes a considerar, como la rapidez de elaboración y comodidad del paciente, que han mejorado gracias al avance tecnológico, concretamente con los sistemas de diseño y fabricación asistida por computadora (CAD-CAM) (Sriram et al., 2018; Becker et al., 2019). Aunque varias décadas han transcurrido desde la aparición del primer sistema CAD-CAM aplicado a la odontología en el año 1971, recién desde la década de los 90' se encuentran disponibles en el mercado odontológico, mostrando una gran evolución y aceptación por parte del profesional en los últimos 10 años, exponiendo un desarrollo continuo de los materiales restauradores, con mejores propiedades físico-mecánicas y mayor estética (Tekç., 2018; Sismanoglu., 2020); Sriram., 2018; Siqueira., 2016).

Justamente debido a la demanda estética que conlleva la odontología en la actualidad, el uso de restauraciones libres de metal se ha incrementado, por lo cual, se ofertan una amplia variedad de materiales, donde las cerámicas y las resinas compuestas (CAD-CAM) son de las más utilizadas. Sin embargo, ambos materiales presentan ciertas desventajas, en el caso de las cerámicas, que debido a su rigidez y a su bajo módulo de elasticidad son más susceptibles a fracturas (Cadorim et al., 2018; Peumans et al., 2016). En cambio, las resinas compuestas, presentan una baja resistencia mecánica y la calidad estética es inferior al de los materiales cerámicos (Tekç et al., 2018; Noda et al., 2017).

Por este motivo las casas comerciales han desarrollado un nuevo tipo de materiales híbridos, que contienen una fase resinosa y una fase cerámica. Dentro de este nuevo grupo de materiales se pueden encontrar las cerámicas con matriz de resina y relleno disperso, denominadas nanocerámicas o resinas nanohíbridas, y otra llamada cerámica híbrida, en cuya composición presenta una matriz de cerámica infiltrada con polímeros (Lise et al., 2016; Peumans et al., 2016). Las ventajas que presentan en comparación con las restauraciones cerámicas, son un mayor módulo de elasticidad, materiales rápidos de fresar, y

de fácil glaseado, disminución del chipping durante el fresado del bloque, características de desgaste similar al esmalte, y una mejor capacidad de reparación intraoral, también presenta propiedades mecánicas y físicas superiores, en comparación con las restauraciones cerámicas, y resinas directas o indirectas (Lise et al., 2016; Capa et al., 2018)

Aunque la correcta elección del material restaurador es importante para el éxito del tratamiento, no es el único punto a considerar, el protocolo de cementación adhesiva de igual manera es un aspecto crucial, ya que de esta depende la longevidad y el éxito clínico de la restauración. El criterio adecuado para la selección del sistema de cementación, se basa en seguir las indicaciones del fabricante y la evidencia científica, hasta definir un proceso estandarizado de acuerdo a la experiencia clínica (Lise et al., 2016; Caglar et al., 2018). Para la cementación de restauraciones cerámicas, el protocolo gold estándar y tradicionalmente usado para aumentar la fuerza de adhesión, es el arenado con partículas de óxido de aluminio ( $Al_2O_3$ ), y/o el grabado con ácido hidrofúorhídrico para la formación de microretenciones en la superficie interna de la restauración, más el uso de un agente de acoplamiento, como el silano, para conseguir una unión química (Capa et al., 2018; Peumans et al., 2016).

Sin embargo, a pesar de la existencia de ciertos estudios, no existe un protocolo estándar definido para la cementación de materiales nanocerámicos. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es evaluar la resistencia de adhesión entre nanocerámicas CAD-CAM y el cemento resinoso, posterior a la aplicación de distintos tratamientos de superficie.

## **2. Objetivos**

### **2.1 Objetivo General**

Evaluar los valores de adhesión por medio de pruebas de microshear de dos nanocerámicas CAD - CAM, aplicando tres tipos de tratamiento de superficie previo a la cementación adhesiva.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- o Valorar la adhesión de 2 tipos de bloques de materiales nanohíbridos CAD - CAM por medio de pruebas de microcizallamiento.
- o Definir el tratamiento de superficie que presenta mejores valores de adhesión.
- o Determinar si el tratamiento de superficie que presenta mayores valores de adhesión es igual en ambos materiales
- o Comprobar la influencia del uso de un primer autograbante cerámico sobre la superficie de materiales nanohíbridos CAD - CAM.
- o Demostrar la importancia de la aplicación de adhesivo universal durante la cementación adhesiva de materiales nanohíbridos CAD - CAM.

### **3. Justificación**

El uso de materiales libres de metal se ha incrementado notablemente debido a la demanda estética que existe en la odontología moderna, donde además de cualidades estéticas, se requieren características y propiedades físico-mecánicas que garanticen la longevidad de la restauración; esto sumado al desarrollo y mejora de la tecnología CAD-CAM, ha hecho que los fabricantes oferten una gran variedad de materiales (Nasr, Makhoul, Zenouni, & Makzoume, 2019) (Campos, y otros, 2015). Los materiales cerámicos, tradicionalmente han sido los más usados y estudiados, debido al tiempo que están presentes en el mercado, obteniendo una valiosa y extensa información sobre su uso, características, propiedades, tratamientos de superficie y sistemas de cementación más adecuados (Tekç, Fidan, Tuncer, Kara, & Demirci, 2018) (Capa, Say, Celebi, & Casur, 2018).

Sin embargo, en los últimos años se han introducido nuevos materiales CAD-CAM que buscan eliminar varias de las desventajas que presentan los materiales cerámicos, como las nanocerámicas o nanohíbridos, que poseen las ventajas de materiales cerámicos y de resinas CAD-CAM (Sagsoz, Sagsoz, Yurtcan, & Ozcelik, 2019). A pesar de esto, la información que se tiene respecto a los protocolos de cementación y específicamente, a los tratamientos de superficie, es limitada. Por ello, es importante determinar los procesos de tratamientos de superficie que mejores valores de adhesión presentan, para así aprovechar sin limitaciones, todas las ventajas que nos ofrecen estos materiales cuando son empleados adecuadamente.



#### **4. Hipótesis:**

El tratamiento de superficie que presenta mayores valores de adhesión a las pruebas de microcizallamiento de ambos materiales, es el que consiste en el proceso de arenado con óxido de aluminio, seguido de la aplicación de silano y de un adhesivo universal.

## **5. Marco Teórico**

### **5.1. Odontología restauradora adhesiva**

Debido al desarrollo de materiales dentales con mejores características y propiedades, la importancia de la odontología restauradora conservadora y estética ha aumentado (Sakaguchi, 2012). Aun así, en el caso de prótesis fija, las coronas metal porcelana, han sido las más utilizadas, presentando una alta tasa de éxito, a pesar de su baja biocompatibilidad y su estética limitada, en comparación a materiales libres de metal (Nasr, Makhoulf, Zenouni, & Makzoume, 2019). Según estudios el 95% de estas restauraciones muestran un perfecto funcionamiento luego de 11 años en boca (Nasr et al., 2019).

No obstante, debido a la mayor demanda de odontología de alta estética, las restauraciones libres de metal se han popularizado tanto entre los odontólogos como entre los pacientes, por su mejor estética, biocompatibilidad y estabilidad química (Nasr, Makhoulf, Zenouni, & Makzoume, 2019) (Caglar, Ates, Aslan, & Yesil, 2018). Además, con estos materiales existe la posibilidad de conseguir restauraciones mínimamente invasivas y por medio de la tecnología CAD-CAM, en tiempos más cortos (Campos, y otros, 2015).

Por estos motivos, las cerámicas y las resinas indirectas son unos de los materiales más usados en el campo de la rehabilitación protésica, cuya durabilidad, retención y eficiencia clínica dependen también de la cementación adhesiva, siendo esta una de las etapas más críticas para el éxito de la restauración (Montevaseelian, Amiri, Chiniforush, Mirzaei, & Thompson, 2019). Dada la importancia y la mejora de los sistemas adhesivos, en la actualidad se busca realizar tratamientos poco invasivos, con el fin de preservar y cuidar la salud de los tejidos dentarios (Ferraris, 2017).

### **5.2. Cerámicas Dentales**

En el último siglo las cerámicas se han constituido en el pilar fundamental de la odontología estética restauradora, existiendo una amplia variedad de materiales en el mercado actual (Campos et al., 2015; Gracis et al., 2015). Se tratan de compuestos inorgánicos formados por fases vítreas, cristalinas o

ambos, que por presentar ciertas características físicas es comparable al esmalte del ser humano (Montevaseelian, Amiri, Chiniforush, Mirzaei, & Thompson, 2019) (Montevaseelian et al., 2019). Las ventajas de estos materiales son alta estética, mayor resistencia al desgaste y a la decoloración, y una mayor biocompatibilidad (Tekce N. , Tuncer, Demirci, Kara, & Baydemir, 2018).

Aunque en la práctica clínica, el material de elección en la mayoría de casos de restauraciones indirectas son los materiales cerámicos, no existe una comprensión profunda de las características y propiedades de estos materiales, por lo que el criterio de selección, se basa en otros parámetros como: preferencia del laboratorio, translucidez del material o publicidad (Sismanoglu et al., 2020); Gracis et al., 2015). Esto a pesar de presentar varias desventajas como fragilidad o bajo módulo de elasticidad, lo que puede provocar el fracaso de estas restauraciones, cuando no son utilizadas de una forma adecuada (Peumans, Valjakova, De Munck, Michevska, & Meerbeek, 2016).

### **5.3. Composites indirectos**

También denominados cerómeros o resinas indirectas, estos materiales son formados esencialmente por una matriz resinosa o polimérica de tipo orgánica, combinada con un relleno de partículas inorgánicas de diferentes tipos, siendo menos rígidas y causando menor desgaste antagonista en comparación con las cerámicas (Montevaseelian, Amiri, Chiniforush, Mirzaei, & Thompson, 2019) (Angeletaki, Gkogkos, Papazoglou, & Kloukos, 2016). Como ventajas estos materiales tienen un mayor módulo de elasticidad, fácil pulido y menor desgaste de diente antagonista (Tekç, Fidan, Tuncer, Kara, & Demirci, 2018). Entre las desventajas presentan: inestabilidad del color y el mayor desgaste del material que, por sus propiedades físicas, se pueden comparar con la dentina del ser humano (Montevaseelian, Amiri, Chiniforush, Mirzaei, & Thompson, 2019)

Para contrarrestar las desventajas que presentan tanto las cerámicas como las resinas, se han introducido materiales híbridos o combinados como las nanocerámicas o las matrices cerámicas infiltradas por polímeros (PICN,

por sus siglas en inglés (Cadorim, Borba, & Corazza, 2018).

## **5.4 CAD - CAM**

El uso de esta tecnología se ha incrementado exponencialmente en los últimos años, presentando varias ventajas en comparación a las técnicas convencionales entre las principales: la posibilidad de entregar la restauración en una cita única, y la de mejorar las propiedades físico-mecánicas de los materiales (Damanhoury & Gaintantzopoulou , 2018), La utilización de la tecnología CAD-CAM además ha permitido disminuir los costos de producción, conseguir uniformidad en la calidad de los materiales y desarrollar un proceso de manufactura estandarizado, por medio de la automatización (Mine, y otros, 2018)

### **5.4.1 Antecedentes Históricos**

En Francia a inicio de la década de los 70's el Dr. Francois Duret desarrolló la primera tecnología CAD-CAM en odontología, quien a través de una impresión óptica, fabricó coronas dentales, formando parte de la historia junto con otros personajes como: el Dr. Mormannm y el Dr. Anderson, que influyeron en la creación y revolución de esta tecnología, para en 1985 crear la primera incrustación tipo chairside, usando un escáner óptico y una fresadora, denominada Cerec, siglas en ingles de "Computer Assisted Ceramic Reconstruction". (Sriram, Vidhya, & Chacko, 2018) (Lambert, Durand, Jacquot, & Fages, 2017).

### **5.4.2 Evolución de la tecnología CAD - CAM**

Desde sus inicios la odontología restauradora se ha encaminado a realizar tratamientos estéticos y predecibles en el tiempo, bajo buenas condiciones de confort y comodidad, tanto para el paciente como para el profesional. Estos conceptos con el pasar de los años han revolucionado los tratamientos dentales, en el ámbito clínico y en el laboratorio, gracias a la tecnología CAD - CAM (Sriram, Vidhya, & Chacko, 2018).

En la última década el diseño y fabricación asistida por computadora (CAD - CAM, por sus siglas en inglés), ha ganado terreno entre dentistas y técnicos dentales, abarcando varios tipos de restauraciones indirectas como: inlay, onlay, overlay, veneerlay, coronas completas, carillas, prótesis fija, prótesis removibles parciales y totales, guardas oclusales, aditamentos para implantes, incluso en el campo de la ortodoncia, con la aparatología tipo invisaling. Tratamientos que pueden realizarse en un menor tiempo, con una mayor precisión, convirtiéndose en una gran alternativa en comparación a las técnicas tradicionales (Sriram, Vidhya, & Chacko, 2018) (Prudente, Davi, Nabbout, Prado, & Neves, 2017) (Ferraris, 2017)

#### **5.4.3. Características y Funcionamiento**

Los sistemas CAD-CAM están formados por 3 mecanismos esenciales: datos de captura, diseño de la restauración y la fabricación de la restauración. En el primero, se obtienen los datos por medio de una impresión óptica de las preparaciones, o por medio de escáneres intra/extraorales, ópticos o mecánicos. (Sriram, Vidhya, & Chacko, 2018). El segundo componente se refiere al uso de un software de diseño (CAD). Como tercer componente se incluye el proceso de fresado, usando un software (CAM) a través de máquinas de fresado, se fresa varios tipos de materiales, sinterizados o presinterizados, en bloques o en disco (Sriram, Vidhya, & Chacko, 2018)

#### **5.4.4. Materiales CAD - CAM**

Los materiales existentes para sistemas CAD-CAM presentan varias ventajas sobre los materiales en sistemas convencionales, como mayor biocompatibilidad, disminución de etapas clínicas, menor tiempo de manufacturación y menos costo (Tekç, Fidan, Tuncer, Kara, & Demirci, 2018). Sin embargo, en un principio los materiales para CAD-CAM principalmente debían poseer dos características: resistencia/dureza, y facilidad de fresado, (Lambert, Durand, Jacquot, & Fages, 2017). Los primeros tratamientos eran limitados a incrustaciones a base de cerámicas feldespáticas; para incrementar el número de indicaciones, onlays o coronas, se desarrollaron materiales cada vez más resistentes, como las cerámicas reforzadas, para el cual, su fácil fresado se debe realizar en fase precristalina, para su posterior cristalización,

donde se obtienen las propiedades físicas finales. Para evitar estas etapas de fabricación, consiguiendo buenas propiedades físicas desde el inicio, se desarrollaron materiales de resina, siendo menos resistentes que las cerámicas, pero al mismo tiempo con mejor índice de elasticidad, deformándose antes de la fractura completa. Con el propósito de mejorar las propiedades mecánicas de las resinas, se añadió partículas de cerámicas, presentando ventajas de ambos tipos de materiales. (Lambert, Durand, Jacquot, & Fages, 2017) (Papadiochou & Pissiotis, 2018)

Por lo general, los materiales cerámicos necesitan mayor tiempo para su fabricación, por el proceso de sinterización y de glaseado después del fresado, en comparación las resinas después del pulido están listas para la cementación, logrando un ahorro de tiempo y de dinero (Rosentritt, Krifka, Strasser, & Preis, 2019). Sin embargo, después de 3 meses se ha demostrado que las resinas CAD-CAM liberan monómeros cuando están sumergidos en soluciones acuosas, aumentando su deformación (Rosentritt, Krifka, Strasser, & Preis, 2019).

Paralelamente junto a las propiedades mecánicas, la calidad de la estética debe suponer uno de los factores a considerar el momento de elegir el tipo de material (Fasbinder, 2018). En el mercado actual existe una gran variedad de bloques CAD-CAM disponibles para restauraciones estéticas incluyendo: cerámicas feldespáticas, cerámicas reforzadas con leucita, disilicato de litio, oxido de alúmina y zirconio estabilizado parcialmente con itrio, resinas compuestas, cerámicas híbridas y nanocerámicas (Sagsoz, Sagsoz, Yurtcan, & Ozelik, 2019) (Sismanoglu, Gurcan, Bilmez, & Gumustas, 2020) (Damanhoury & Gaintantzopoulou, 2018).

De acuerdo a la presencia de características específicas en su composición Gracis las clasifica en 3 grandes grupos: (1) cerámicas con una matriz vítrea, se refiere a aquellos materiales cerámicos inorgánicos no metálicos que presentan una fase vítrea; (2) cerámicas policristalinas, son materiales cerámicos inorgánicos no metálicos que no contienen una fase vítrea; y (3) cerámicas con una matriz de resina, son matrices poliméricas que incluyen en su composición materiales de relleno inorgánicos como porcelana, cerámicas o vitro cerámicas (Gracis, Thompson, Ferencz, Silva, & Bonfante,

2015)

#### **5.4.4.1 Cerámicas Vítreas**

Son materiales de origen inorgánico principalmente compuestas por dióxido de silicio, también llamado sílice o cuarzo; a este grupo pertenecen las cerámicas adhesivas (Feldespática) y las cerámicas reforzadas (Nasr, Makhlouf, Zenouni, & Makzoume, 2019). Las cerámicas feldespáticas presentan grandes características estéticas como su alta translucidez, sin embargo, la resistencia flexural es moderada, de 125 a 175 Mpa, siendo sumamente importante utilizar un protocolo de cementación adecuado (Fasbinder, 2018)

Como representantes de las cerámicas feldespáticas se pueden encontrar Vitablocks Mark II de Vita y Cerec Blocs de Dentsply Sirona; y para las cerámicas feldespáticas reforzadas con leucita la IPS Empress Cad de Ivoclar Vivadent. (Fasbinder, 2018), en estudios in vitro las primeras han mostrado ser más resistentes al desgaste, por su parte el segundo grupo mostró mayor resistencia a la fractura por su módulo de elasticidad. Sin embargo, estas diferencias no han mostrado influencia en la longevidad de este tipo de restauraciones, indicadas para restauraciones unitarias (Fasbinder, 2018)

Dentro del grupo de las cerámicas reforzadas se encuentran las cerámicas reforzadas con leucita, mostrada por primera vez en 1998 con el nombre de Empress Procad de la casa Ivoclar, donde fue reemplazado por la Empress Cad en el 2007, con un porcentaje de leucita del 35 al 45% con valores de resistencia a la flexión que oscilan entre 100 y 120 Mpa, por lo que sus indicaciones se limitan a carillas y coronas en el sector anterior (Nasr, Makhlouf, Zenouni, & Makzoume, 2019)

#### **5.4.4.2 Cerámicas Cristalinas**

Son cerámicas de alta resistencia, como el disilicato de litio (LS2) y el silicato de litio reforzado con zirconio. En el año 2006 se introdujo el material de disilicato de litio IPS e.max CAD, siendo un importante avance en la industria,

con una gran resistencia flexural y resistencia a la fractura, mejor que los materiales vitreos reforzados con leucita (Becker, Franken, Keller, Branco, & Mezzomo, 2019). Cuya matriz de vidrio está formada principalmente por el dióxido de silicio, junto con otros compuestos como el óxido de litio, óxido de potasio, el óxido de aluminio, entre otros. La presentación de este material es en fase precristalina o parcialmente cristalina, con color azulado o púrpura, siendo este su estado más “blando”, favoreciendo a un fresado más rápido. Después del fresado, la cerámica debe introducirse al horno para completar el proceso de cristalización donde su resistencia flexural puede alcanzar los 500 Mpa. (Nasr, Makhlof, Zenouni, & Makzoume, 2019) (Fasbinder, 2018)

Como representante del silicato reforzado con zirconio está disponible Celtra Duo de Denstply Sirona introducido en el 2012, su forma de presentación es en fase completa cristalización para posteriormente ser glaseado o pulido manualmente, con diferencias en los valores de resistencia flexural, consiguiendo 370 MPa con el glaseado y solo 210 MPa con el pulido manual. Igual que las anteriores estos materiales son indicados para restauraciones unitarias. El fabricante Vita por su parte, introdujo los bloques de Vita Suprinity, donde la principal diferencia es que esta última se presenta en una fase cristalizada de forma parcial (Nasr, Makhlof, Zenouni, & Makzoume, 2019) (Fasbinder, 2018)

#### **5.4.4.3 Compuestos híbridos**

También denominados materiales híbridos o combinados, se introdujeron como una alternativa para contrarrestar ciertas desventajas presentadas por los materiales cerámicos CAD-CAM (Sagsoz, Sagsoz, Yurtcan, & Ozcelik, 2019). Son materiales relativamente nuevos que poseen varias de las ventajas de los polímeros, como: menor fragilidad y mayor resistencia a la fractura, combinada con las propiedades estéticas de las cerámicas vítreas (Fasbinder, 2018) (Capa, Say, Celebi, & Casur, 2018). Sin embargo, una de sus desventajas es la baja resistencia a pigmentaciones, por la falta de cocción debido a su estructura polimérica, en comparación a las cerámicas, que necesitan de cocción para completar el proceso de cristalización, a pesar de esto se ha demostrado que el pulido manual puede compensar esta deficiencia (Sagsoz, Sagsoz, Yurtcan, &



Ozcelik, 2019). Además, ofrecen una fresado rápido y preciso, con un excelente pulido, comparable al de las cerámicas, aunque la modificación con tintes de fotocurado es limitada (Fasbinder, 2018).

Estas cerámicas se pueden categorizar en dos subgrupos: (Fasbinder, 2018) los materiales que presenta una matriz o estructura cerámica infiltrada por cadenas poliméricas o resinosas (PICN, por sus siglas en ingles) y los materiales con una matriz de relleno disperso o denominadas nanocerámicas (Peumans, Valjakova, De Munck, Michevska, & Meerbeek, 2016) (Fasbinder, 2018)

#### **5.4.4.3.1. Matriz Cerámica infiltrada de polímero (PICN)**

Introducida por Vita en el 2013 como una cerámica híbrida con el nombre de Enamic, es un material compuesto por una fase interpenetrante, formada específicamente con una fase resinosa de 14% de peso, penetrando una matriz cerámica basada en leucita reforzada con zirconio, con un peso del 86% (Sismanoglu, Gurcan, Bilmez, & Gumustas, 2020) (Fasbinder, 2018) (Emsermann, Eggmann, Krastl, Weiger, & Amato, 2019). Con propiedades mecánicas intermedias entre las cerámicas adhesivas y los composites con alto grado de relleno. Dicha matriz cerámica da alta resistencia al desgaste puede hacer que este material sea frágil y susceptible a fracturas. En cambio, la cadena polimérica puede mejorar la resistencia a la fractura por su capacidad de deformación. Esta indicado para restauraciones tipo inlay, onlay, overlay y coronas. Según el fabricante con una resistencia flexural de 150 Mpa. (Fasbinder, 2018) (Alnafaiy, Labban, Maawadh, Alshehri, & Albaijan, 2021) (Sonmez, Gultekin, Turp, Akgungor, & Mijiritsky, 2018)

#### **5.4.4.3.2. Nanocerámicas o nanohíbridos**

Es un material restaurador compuesto por resina compuesta y cerámica, el cual presenta las ventajas de una matriz de resina reticulada con un 79% de dimetacrilato de uretano, y de la cerámica formada por nanorelleno de sílice y zirconio (Sismanoglu, Gurcan, Bilmez, & Gumustas, 2020).

En este grupo encontramos Lava Ultimate de 3M y Cerasmart de Gc. El primero contiene partículas de sílice y de zirconio, embebidos en una matriz polimérica reticulada con un 80% de carga cerámica. El fabricante menciona una resistencia flexural de 200 MPa, indicado para carillas, inlays y onlays, no así para coronas. Estudios independientes han encontrado una resistencia flexural de 170 MPa. (Fasbinder, 2018)

Por su parte Cerasmart está compuesta por una matriz de resina que contiene partículas de relleno de nanocerámica, de sílice y bario, distribuidas de forma homogénea. La resistencia flexural es de 230 Mpa, indicadas para coronas, carillas, inlays y onlays. (Fasbinder, 2018)

**Tabla 1. Composición de nanocerámicas CAD-CAM**

Nombre	Fabricante	Composición de monómero	Composición de relleno	Peso de relleno
<b>Cerasmart</b>	Gc, Tokio-Japón	Bis-MEPP, UDMA, DMA	SiO <sub>2</sub> (20nm), Vidrio de Bario (300nm)	71%
<b>Tetric Cad</b>	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein	Bis-GMA, Bis- EMA, TEGDMA, UDMA	Vidrio de Bario Dióxido de Silicona	71.1%

### 5.4.4.3 3 Resinas Compuestas CAD-CAM

Aunque estos materiales no entran en la clasificación de cerámicas, es importante conocer sus características, siendo materiales presentes en el mercado desde el año 2000, consiguiendo poca acogida. Sin embargo, con el incremento del uso y eficiencia de la tecnología CAD-CAM, recientemente se han ido popularizando, sobre todo en lugar de restauraciones compuestas directas sumamente extensas, donde se necesita una oclusión precisa, adecuados puntos proximales y para evitar sensibilidad postoperatoria. El primero en ser introducido es Paradigm de la 3M, constituida por partículas de relleno de sílice y zircona, con un relleno del 85% de composite Bis GMA. El fabricante reporta una resistencia flexural de 157 MPa, similar a las cerámicas adhesivas. (Fasbinder, 2018). En este grupo también se encuentra Brilliant Crios

de la Coltene, introducido en el 2016, siendo una resina reforzada, que contiene partículas de sílice y bario, en una matriz reticulada de metacrilato. El fabricante menciona que este producto posee una resistencia flexural de 198 MPa y un módulo de elasticidad de 10.3 GPa, similar a la dentina (Fasbinder, 2018).

### **5.5. Cementación Adhesiva**

La unión exitosa entre la superficie cerámica, cemento resinoso y sustrato dentario, requiere de mecanismos de adhesión asociados a la unión química y a la retención micromecánica (Grandon & Wendler, 2018). El uso de un agente cementante resinoso es considerado el gold estándar para la cementación de restauraciones a base de sílice, donde la interpenetración de la resina en la superficie cerámica grabada, resulta en la formación de una capa híbrida de cerámica y resina; como efecto, la resistencia a la fractura de las restauraciones se incrementa, debido a una mejor transmisión de estrés a través de la interface adhesiva (Dapieve, y otros, 2020)

La adhesión es la atracción molecular entre superficies de cuerpos en contacto, es decir atracción o unión entre moléculas de diferentes especies; en cambio cohesión es la atracción molecular de las partículas de un cuerpo que unen toda una masa, es decir es un proceso de atracción entre moléculas similares. (Fraunhofe, 2012). En la odontología cuando una restauración es cementada en el sustrato dental, las fuerzas de adhesión unen el agente cementante de un lado a la restauración y del otro al diente con fuerzas de cohesión que operan dentro de la unión. Por ejemplo, el cemento de fosfato de zinc tiene una alta fuerza cohesiva, pero la adhesión a superficies planas es muy débil, ya que no se une químicamente, solo por unión mecánica (Fraunhofe, 2012).

En definitiva, la efectividad del cemento adhesivo depende de la adhesión y cohesión de los materiales. (Fraunhofe, 2012). Se produce una falla adhesiva, si el agente de unión se desprende completamente del sustrato, en cambio si hay una ruptura interna en el agente de unión se trata de una falla cohesiva. (Fraunhofe, 2012). La cementación adhesiva consta de varias etapas, entre estos el pretratamiento de la superficie interna de la restauración, para conseguir una unión íntima entre el agente cementante y la restauración (Dapieve, y otros, 2020) (Passos, Valandro, Bottino, Moraes, & Santos, 2011)

### **5.5.1. Tratamientos de superficie**

Consiste en una serie de procedimientos, con el propósito de mejorar o aumentar los valores de adhesión para lo cual se han ido desarrollando diferentes tipos de tratamientos de superficie (Noda, y otros, 2017) (Yuri, y otros, 2018) (Sagsoz, Sagsoz, Yurtcan, & Ozcelik, 2019). El protocolo de pretratamiento varía de acuerdo al material a utilizar, y la composición física/química de cada una de ellas; así las cerámicas híbridas o resinas infiltradas varían en su composición de una marca a otra, por lo que es importante revisar y seguir las instrucciones del fabricante (Montevaseelian, Amiri, Chiniforush, Mirzaei, & Thompson, 2019) (Damanhoury & Gaintantzopoulou, 2018).

#### **5.5.1.1 Tratamiento Físico/Mecánico**

Este procedimiento permite conseguir una superficie rugosa del material y remueve la capa superficial contaminada, para proporcionar retenciones micromecánicas en la interface cemento-restauración (Noda, y otros, 2017) .

##### **5.5.1.1.1 Arenado o abrasión**

El arenado cambia la estructura superficial de la restauración por el contacto de una corriente de un material abrasivo, el grado de abrasión depende del tamaño y tipo de partícula, del tiempo de aplicación y de la presión del equipo a usar (Yuri, y otros, 2018). Una superficie más rugosa presenta una mejor adhesión, al presentar un área de unión mayor; a pesar de esto, se ha comprobado que un exceso de rugosidades impide la penetración completa del adhesivo, por la profundidad de las irregularidades o por la gelificación del adhesivo antes de la penetración (Rudawska, Danczak, Muller, & Henc, 2016). Además, los restos de las partículas abrasivas deben ser eliminados de la superficie con ultrasonido, previo a la cementación. (Nishigawa, y otros, 2016) (Arao, Yoshida, & Sawase, 2015).

Las partículas abrasivas más usadas son de óxido de aluminio o de sílice con un tamaño de partícula que va desde las 25  $\mu\text{m}$  a los 250  $\mu\text{m}$  (Passos, Valandro, Bottino, Moraes, & Santos, 2011)

##### **5.5.1.1.2 Revestimiento de sílice triboquímico (TBC)**

Este método se lo realiza en 2 pasos: en el primero se usa partículas de

óxido de aluminio altamente puro de 110µm para limpiar la superficie, y en el segundo paso se utiliza partículas cubierta con sílice, por lo que, al arenar, la superficie del material se recubre con sílice, promoviendo la unión química con el agente de acoplamiento, especialmente indicada para cerámicas no grabables (Campos, y otros, 2015)

Uno de los fabricantes de dispositivos (TBC) no aconseja la limpieza de la superficie con agua o con ultrasonido ya que esto, provoca una disminución de sílice depositada en la superficie, afectando los niveles de adhesión (Nishigawa, y otros, 2016)

#### **5.5.1.1.3. Grabado Ácido**

Los cambios de superficie promovidos por este procedimiento dependen de distintos factores como el tipo de ácido, su concentración, el tiempo de grabado, y del tipo de material a grabar (Yuri, y otros, 2018). Este proceso es considerado el más adecuado para las cerámicas vítreas y policristalinas (Sagsoz, Sagsoz, Yurtcan, & Ozcelik, 2019), a través del uso del ácido hidrofúorhídrico la matriz vítrea es removida selectivamente, mientras que la estructura cristalina es expuesta; resultando en una superficie rugosa para otorgar una retención micromecánica (Damanhoury & Gaintantzopoulou, 2018)

#### **5.5.1.1.4. Grabado con láser**

El desarrollo y mejoramiento de la tecnología láser, ha permitido usarlo en varios campos de la odontología, en este caso, para el tratamiento de superficies internas de restauraciones indirectas con el fin de mejorar los niveles adhesivos, por su capacidad de originar rugosidades, al provocar una modificación en las superficies cerámicas, a través de la ablación (proceso para eliminar parte de la superficie de un material sólido) y fusión de la microestructura cerámica (Montevaseelian, Amiri, Chiniforush, Mirzaei, & Thompson, 2019). El láser Er Yag es uno de los más promisorios, debido al tamaño de longitud de su onda, el que iguala al pico de absorción del agua, el cual a altas temperaturas termina evaporándose abruptamente, provocando que el material de alrededor explote abruptamente, en un proceso conocido como termoablación. A pesar de esta información, no existen antecedentes de cómo es su accionar en materiales híbridos (Montevaseelian, Amiri, Chiniforush, Mirzaei, & Thompson, 2019)

#### **5.5.1.1.5. Revestimiento con hidroxiapatita**

Existen varios métodos para realizar el revestimiento de hidroxiapatita: a través de gel, pulverizado, arenado, sin embargo, uno de los más destacados se realiza a través de un sistema de depósito por láser pulsado, se trata de un método físico de depósito por vapor, donde el polvo de hidroxiapatita es sinterizado sobre la superficie del material restaurador (Sagsoz, Sagsoz, Yurtcan, & Ozcelik, 2019).

#### **5.5.1.2. Tratamiento Químico**

##### **5.5.1.2.1. Silano**

El tipo de silano más usado a nivel odontológico es el 3 metacrilatoiloxi propil trimetoxisilano. Es un agente de acoplamiento que puede encontrarse solo, o estar contenido en primers o adhesivos junto a otros componentes (Sarahneh, 2021). Se trata de un monómero bifuncional, el cual permite la unión entre una fase inorgánica formada por óxido de silicio encontrada en la cerámica, con la fase orgánica representada por los grupos metacrilatos del cemento resinoso, efecto que logra gracias al contenido de ácidos carboxílicos y/o monómeros de fosfato, que interactúan directamente con la matriz vítrea de la cerámica con contenido de sílice, formando hexafluorosilicatos; (Damanhoury & Gaintantzopoulou, 2018) (Yuri, y otros, 2018) (Campos, y otros, 2015). (Atay & Sagirkaya, 2019)

##### **5.5.1.2.2. Agente imprimador autograbante**

También denominado primer cerámico "monocomponente", es una alternativa al protocolo de pretratamiento convencional basado en el uso de ácido fluorhídrico y silano (Donmez, Okutan, & Yucel, 2020). Con el fin de evitar la toxicidad inherente del ácido hidrofúorhídrico, se ha introducido un primer cerámico autograbante de un paso (Monobond Etch and Prime, Ivoclar Vivadent) con menor sensibilidad a la técnica y con una notable disminución de tiempos de trabajo, comparado a técnicas más tradicionales, debido a una menor cantidad de pasos. (Dapieve, y otros, 2020) (Damanhoury & Gaintantzopoulou, 2018).

Este primer cerámico, promueve un acondicionamiento físico-químico, por medio de un leve grabado con polifluoruros de amonio, y el metacrilato de

trimetoxipropilo para silanizar, resultando en una disminución en la modificación de la superficie cerámica, lo que puede significar un peor desempeño que el ácido fluorhídrico; sin embargo, existen estudios, que demuestran valores de adhesión similares, y en ciertos casos mejores que el grabado ácido y la silanización, siguiendo los tiempos establecidos por el fabricante (20 segundos de frotación activa y 40 segundos de actuación) (Dapieve, y otros, 2020) (Prado, 2018).

### **5.5.1.2.3 Sistemas adhesivos**

Los adhesivos son soluciones formados por monómeros de resina, con grupos hidrofílicos e hidrofóbicos, monómeros funcionales, iniciadores de polimerización, inhibidores, solventes y en ciertos casos cargas inorgánicas (Sofan, y otros, 2017). La composición del agente de unión es esencial en la eficacia adhesiva entre la restauración y el sustrato dental, especialmente el compuesto de monómero funcional, el cual presenta distintos grupos ácidos que interactúan con la hidroxiapatita del diente. Por ejemplo, el monómero 10-MDP (10-metacriloxidecilo fosfato dihidrogenado) ha sido comprobada su unión al calcio presente en la hidroxiapatita del tejido dentinario (Sagsoz, Sagsoz, Yurtcan, & Ozcelik, 2019). Además, con el fin de proporcionar acción antibacteriana existen otros monómeros como el MDPB (12 bromuro de metacrililo oxidodecilo piridino), un compuesto de amonio cuaternario, el cual actúa contra bacterias de tipo estreptococos (Hegde, Hegde, Shetty, & Sampath, 2008)

Con el pasar de los años, se han introducido numerosas clasificaciones de los sistemas adhesivos, el cual varía de un autor a otro, o de acuerdo a la generación, a los pasos clínicos o a la estrategia adhesiva. Esta última, es la clasificación más usada en la actualidad, en la que se encuentran tres grupos: en el primer grupo, denominados adhesivos de grabado y lavado, se divide a su vez en tres y dos pasos; el segundo grupo, adhesivos de autograbado, se divide en uno o dos; y el tercer grupo, adhesivos universales o multimodales, se dividen en grabado/lavado total o selectivo, y en autograbadores (Sofan, y otros, 2017). Los adhesivos multimodales que presentan en su contenido silano han sido los últimos introducidos en el mercado, estos permiten una unión química

a la cerámica, sin la necesidad de un primer, por lo que estos adhesivos disminuyen el número de etapas clínicas durante la cementación (Atay & Sagirkaya, 2019)

## **5.6. Tratamientos de superficie de acuerdo al tipo de material restaurador**

Cada material posee características únicas de acuerdo a su composición y microestructura, debido a formulaciones diferentes, por lo que la elección de un agente cementante y los protocolos a seguir depende de cada caso en específico. Los principios para la correcta selección de cemento es el entendimiento y comprensión de los materiales restauradores a utilizar, apoyarse en la evidencia clínica y científica es el deber de cada profesional, para lograr un protocolo de adhesión adecuado, y así conseguir un buen resultado del tratamiento, con longevidad, función y estética. (Grandon & Wendler, 2018) (Mine, y otros, 2018)

### **5.6.1. Tratamientos de superficies en cerámicas vítreas**

El protocolo de cementación adhesiva de las cerámicas grabables está claramente definido, a través de dos principios básicos de adhesión: la retención micromecánica y la unión química. Las cerámicas puras y reforzadas son sensibles al grabado con ácido hidrofúorhídrico, lo que significa una tasa de éxito elevada en la adhesión (Grandon & Wendler, 2018). La razón es porque el ácido disuelve la matriz vítrea de las cerámicas creando una superficie irregular para una microretención del agente cementante. Además, la aplicación de silano, permite la unión química entre la superficie cerámica (rica en silicio) con el cemento resinoso. (Grandon & Wendler, 2018) (Campos, y otros, 2015)

### **5.6.2. Tratamientos de superficies en cerámicas cristalinas**

A pesar del uso de este protocolo en cerámicas vítreas como feldespatos y cerámicas de silicato o disilicato de litio (LS2), este tratamiento de superficie no es suficiente en las cerámicas policristalinas, como el óxido de zirconio estabilizado con itrio, que poseen excelentes propiedades mecánicas, y que en



rehabilitaciones completas son el material de elección también por su estética (Becker, Franken, Keller, Branco, & Mezzomo, 2019). Sin embargo, el tratamiento de superficie de este material resulta en un desafío, debido a la ausencia de una fase vítrea ácido sensible, por lo que, en un inicio, se dio la alternativa de usar un arenado con partículas de óxido de aluminio para así crear una superficie irregular, donde el cemento se retenga; siendo un procedimiento muy controversial ya que el arenado puede afectar el material, al generar microfisuras o la regresión de la fase tetragonal a la monoclinica. Otra de las alternativas, fue arenar con un dispositivo de baja presión partículas de óxido de aluminio recubiertas de sílice, en dicho procedimiento la sílice es depositado en la superficie, generando unión química al silano. Otras estrategias como el uso de adhesivos universales y silanos con monómeros 10-MDP han mostrado alta fuerza de adhesión. (Grandon & Wendler, 2018)

### **5.6.3. Tratamientos de superficies en resinas**

En el caso de materiales de resina CAD-CAM, la mayor parte de fabricantes recomiendan el arenado del composite antes de la silanización, al igual que varios estudios científicos, los cuales respaldan el uso de partículas de óxido de aluminio ( $Al_2O_3$ ) y de revestimiento de sílice, según Yoshihara a baja presión para reducir la formación de microcraks (Yoshihara, y otros, 2017). Además, varios estudios mostraron mayores valores de adhesión con el grabado de ácido fluorhídrico (Mine, y otros, 2018) (Nagasawa, Hibino, Eda, & Nakajima, 2021).

Según Kawaguchi-Uemura la limpieza con ácido ortofosfórico o el arenado mejoran la adhesión en un 75 a 80%. Además, Kawaguchi y colaboradores demostraron que si las restauraciones son arenadas después de la prueba en boca no es necesario la limpieza ultrasónica o con ácido ortofosfórico para aumentar las fuerzas adhesivas (Mine, y otros, 2018) (Naruse, y otros, 2018).

Los agentes de unión o de acoplamiento químico se usan en el caso de las restauraciones de resina con partículas de relleno, para ofrecer sitios potenciales para la silanización. Siendo ampliamente respaldado en la bibliografía que la silanización mejora la adhesión de las resinas CAD-CAM (Mine, y otros, 2018)

#### **5.6.4. Tratamientos de superficies en nanocerámicas o nanohíbridos**

Los fabricantes de materiales como Lava Ultimate (3M), Cerasmart (GC), Tetric Cad (Ivoclar), Brillant Crios (Coltene), indican protocolos de cementación basados en el arenado y silanización de las superficies. (Grandon & Wendler, 2018) (Sismanoglu, Gurcan, Bilmez, & Gumustas, 2020). El uso del arenado con partículas de óxido de aluminio para el material Lava Ultimate 3M es recomendado por el fabricante, sin embargo, estudios no han encontrado una diferencia significativa entre el grupo control (sin tratamiento de superficie) y los grupos tratados con arenado, grabado ácido y con el uso de silano (Sagsoz, Sagsoz, Yurtcan, & Ozcelik, 2019).

En otros estudios se demostró que para materiales nanocerámicos y cerómeros los mayores valores de adhesión se obtiene con el arenado y la aplicación de un adhesivo universal con silano (Atay & Sagirkaya, 2019)). En una investigación realizada por Rosentritt se evaluó el material Tetric Cad, en el que se comprobó que el arenado con óxido de aluminio con partículas de 50  $\mu\text{m}$  a 0.2 Mpa de presión mejoro los valores de adhesión (Rosentritt, Krifka, Strasser, & Preis, 2019)

#### **5.6.5. Tratamientos de superficies en cerámicas infiltradas por polímero**

La cerámica híbrida de Vita, denominada Enamic, al ser un compuesto híbrido, la superficie puede ser tratada tanto como resina compuesta indirecta o como un material cerámico, ya que al poseer una matriz cerámica infiltrada por polímeros, es susceptible al ácido hidrofúorhídrico, que junto a la aplicación del silano asegura una unión química a la matriz vítrea (Grandon & Wendler, 2018).

El mejor protocolo de adhesión citado por varios investigadores y por la "Academy for Adhesive Dentistry" es el grabado con ácido hidrofúorhídrico seguido por la silanización. Lise y colaboradores demostraron que, para conseguir valores adhesivos similares a los expuestos por los materiales de resinas CAD-CAM, se debe crear microretenciones en la superficie de la cerámica por medio de arenado o del grabado ácido, seguido de la aplicación

de silano (Sismanoglu, Gurcan, Bilmez, & Gumustas, 2020) (Lise, Ende, Munck, Baratieri, & Merrbeek, 2016). Sin embargo, en el estudio realizado por Barutcigil y colaboradores, se demostró que el uso de un adhesivo universal sin tratamiento de superficie mejora la resistencia de unión (Barutcigil, Barutcigil, Kul, Mustafa, & Sebnem, 2016).

El uso del ácido ortofosfórico se ha indicado para la limpieza del material, mas no se ha demostrado que el ácido pueda modificar la superficie del material (Campos, y otros, 2015) (Emsermann, Eggmann, Krastl, Weiger, & Amato, 2019).

### **6.2.3 Pruebas para evaluar adhesión**

Debido a la rápida y constante evolución de materiales dentales, nuevos y mejorados productos aparecen en el mercado de forma continua. De igual forma sucede con los sistemas de adhesión, siendo importante realizar evaluaciones mecánicas in vitro para comprobar sus propiedades adhesivas. Siendo las pruebas más comunes: tracción y cizallamiento, donde desafortunadamente los resultados pueden ser variados e influenciados por diferentes factores como geometría de la muestra, las condiciones de carga y las propiedades de los materiales. Para cubrir estas limitaciones se han desarrollado pruebas de microtracción y microcizallamiento  $\mu$ SBS , donde la recolección de muestras se hace más sencilla, se puede comparar en varias áreas de trabajo en un mismo diente, mejor distribución de las cargas de estrés sobre un área pequeña de adhesión, son algunas de las ventajas que poseen estas pruebas. (Zohairy, Saber, Abdalla, & Feilzer, 2010)

La prueba de microcizallamiento conlleva la aplicación de cargas, en un inicio por medio una cuchilla, en una maquina universal, sobre un bloque cilíndrico de resina adherido a la muestra. Posteriormente Shimida, modificó la prueba de microcizallamiento, cambiando la cuchilla con alambre de ortodoncia, siendo una técnica más fácil y confiable de realizar. Los datos obtenidos en la prueba pueden ser usados para comparar información del mismo estudio, ya que debido a variaciones que pueden presentarse en los parámetros de cada estudio, no es factible comparar de forma directa con datos de otros estudios,

obteniendo variaciones del 20% al 50% entre estudios similares. (Zohairy, Saber, Abdalla, & Feilzer, 2010)

## **7. Metodología y diseño de la investigación**

### **7.1 Tipo de Investigación**

Estudio comparativo y analítico in vitro sobre cortes de bloques de materiales cerámicas con matriz de resina CAD/CAM, los mismos que se sometieron a pruebas de microcizallamiento.

### **7.2 Materiales**

- Bloques de nanocerámica CAD/CAM (CERASMART, GC; TETRIC CAD, IVOCLAR VIVADENT)

- Cemento Variolink DC (IVOCLAR VIVADENT)
- Adhesivo Tetric Bond Universal (IVOCLAR VIVADENT)
- Silano Monobond N (IVOCLAR VIVADENT)
- Monobond etch and prime (IVOCLAR VIVADENT)
- Ácido Fluorhídrico al 9% Porcelain Etch (ULTRADENT)
- Arenador Sandstorm 2 (VANIMAN)
- Partículas de óxido de aluminio de 50um (BIO ART)
- Lija de agua de 600 granos
- Maquina de Corte Isomet 1000
- Tubos PVC de 2 pulgadas
- Resina Acrílica (Curado rápido)
- Cortador de tubos Tygon
- Tubos de laboratorio Tygon de 6mm altura, y 2 mm de diámetro
- Máquina de ensayo universal (ODEME)
- Limpiador Ultrasónico (CENTRO STAR TECHNOLOGY)
- Calibrador digital electrónico (VERNIER)
- Lámpara de fotocurado Bluephase N (IVOCLAR VIVADENT)

### **7.3 Población – Muestras**

La población está conformada por un numero de 30 muestras de bloques CAD/CAM (Cerasmart, GC; Tetric Cad,), asignados de forma aleatoria.

#### **7.4 Criterios de Inclusión**

Se tomaron muestras de cortes de 3mm de espesor mínimo de los bloques de nanocerámica CAD/CAM.

#### **7.5 Criterios de Exclusión**

Se excluyeron cortes de menor espesor.

#### **7.6 Obtención de muestras**

Las muestras se obtuvieron de cortes realizados a 2 tipos de bloques de nanocerámicas CAD/CAM (Cerasmart, GC; Tetric Cad,). Los bloques de Cerasmart se adquirieron a un Distribuidor autorizado en Ecuador y los bloques de Tetric Cad fueron donados por Ivoclar Vivadent (gestión realizada por Dr. Andrés Dávila docente de la Universidad San Francisco de Quito)

#### **7.7 Cortes de muestras**

Los 2 tipos de bloques prefabricados de cerámica con matriz de resina CAD/CAM (Cerasmart, GC; Tetric Cad,), fueron seccionados utilizando un disco de corte diamantado de baja velocidad (Máquina de corte Isomed 1000) a 300 rpm, obteniendo muestras de 3 mm de espesor. Los espesores de las muestras se controlaron con un calibrador digital (Vernier)

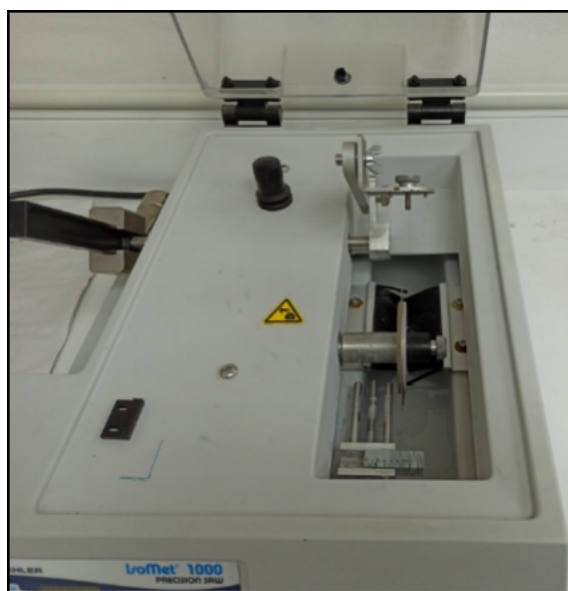


Fig. 1 Máquina de corte Isomed 1000

#### **7.8 Preparación de muestras**

Cada muestra fue embutida con resina acrílica, dentro de un tubo PVC de 2

pulgadas. Posterior a la polimerización del acrílico, las muestras fueron pulidas con lijas de grano medio de 600 por 30 segundos y se limpiaron en ultrasonido con agua destilada.

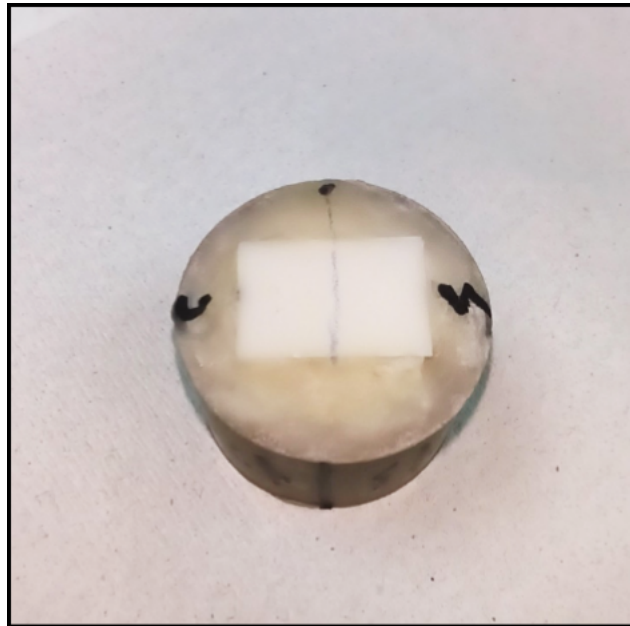


Fig. 2 Muestra embutida en acrílico dentro de tuvo PVC

Cada corte fue dividida en 2 muestras, obteniendo dos superficies de trabajo para cada corte. Las muestras se asignaron aleatoriamente en 3 grupos, dependiendo del tratamiento de superficie aplicado:

### **Grupo 1 (ASA)**

- Arenado con partículas de óxido de aluminio de 50 micras a 2 bares (0,2 Mpa) de presión a una distancia de 10mm en forma perpendicular por 20 segundos.
- Retiro de exceso de partículas con aire por 5 segundos.
- Lavado con abundante agua y secado.
- Ultrasonido con alcohol isopropílico al 90% por 60 segundos.
- Aplicación de silano (Monobond N, Ivoclar Vivadent) con un brush sobre la superficie pretratada y actuando durante 60 segundos, aireado posteriormente.

- Aplicación de Adhesivo Tetric Bond Universal por 20 segundos, aireado por 5 segundos, y fotopolimerización por 10 segundos.

### **Grupo 2 (AS)**

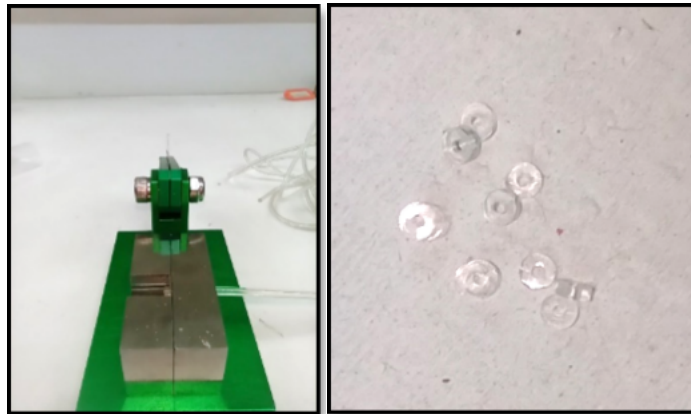
- Arenado con partículas de óxido de aluminio de 50 micras a 2 bares (02 Mpa) de presión a una distancia de 10mm en forma perpendicular por 20 segundos.
- Retiro exceso de partículas con aire por 5 segundos.
- Lavado con abundante agua y secado.
- Ultrasonido con alcohol isopropílico al 90% por 60 segundos.
- Aplicación de silano (Monobond plus, Ivoclar Vivadent) con un brush sobre la superficie pretratada y dejar actuar durante 60 segundos, aireado posteriormente.

### **Grupo 3 (AMA)**

- Arenado con partículas de óxido de aluminio de 50 micras a 2 bares (02 Mpa) de presión a una distancia de 10mm en forma perpendicular por 20 segundos.
- Remoción de exceso de partículas con aire por 5 segundos.
- Ultrasonido con alcohol isopropílico al 90% por 60 segundos.
- Aplicación de primer autograbante (Monobond Etch & Prime, Ivoclar Vivadent) con un brush durante 20 segundos y dejar actuar por 40 segundos.
- Lavado con abundante agua y secado por 10 segundos.
- Aplicación de Adhesivo Tetric Bond Universal por 20 segundos, aireado por 5 segundos, y fotopolimerización por 10 segundos.



Después de los tratamientos de superficie y de la aplicación del adhesivo universal, se colocaron sobre la superficie los tubos Tygon de 2mm de diámetro y 6mm de altura, con el fin de obtener muestras estandarizadas, fueron llenados completamente por el agente cementante (Variolink DC, Curado Dual), y fotopolimerizados por 10 segundos. Las muestras fueron almacenadas en un ambiente humedecido a 37 grados por 24 horas previas a las pruebas de microcizallamiento.



Figs.3 Cortadora de tubos Tygon

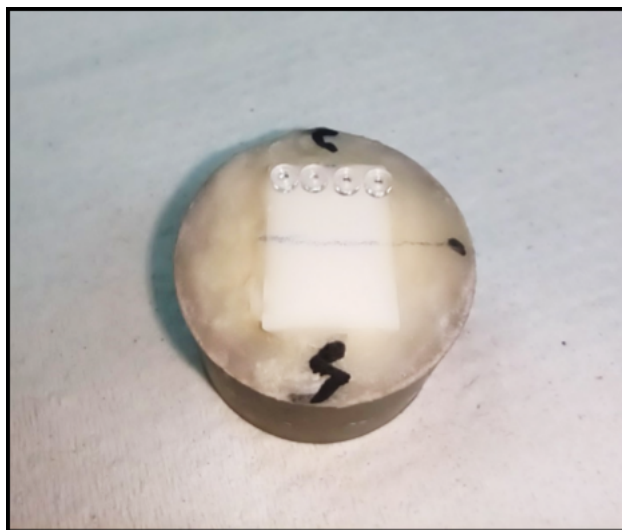


Fig.4 Colocación de tubos Tygon sobre la muestra



Fig. 5 Pilares de cemento, después de remover los tubos Tygon

### **7.9 Test de microcizallamiento**

Antes de empezar la prueba se deben remover los tubos Tygon, con la ayuda con la ayuda de una hoja de bisturí y microscopio óptico, para dejar expuestos los pilares de cemento. Los valores de resistencia al microcizallamiento se midieron usando una máquina de prueba universal. Previamente se realizaron pruebas piloto para la estandarización en los protocolos, técnicas y calibración de máquinas.

La prueba consiste en tirar de los pilares de cemento a través de un alambre de ortodoncia N.12 hasta conseguir su desprendimiento. Posteriormente los valores obtenidos de fuerza en Mpa son registrados y guardados en formato PDF derivados directamente del software utilizado, y también de forma análoga.

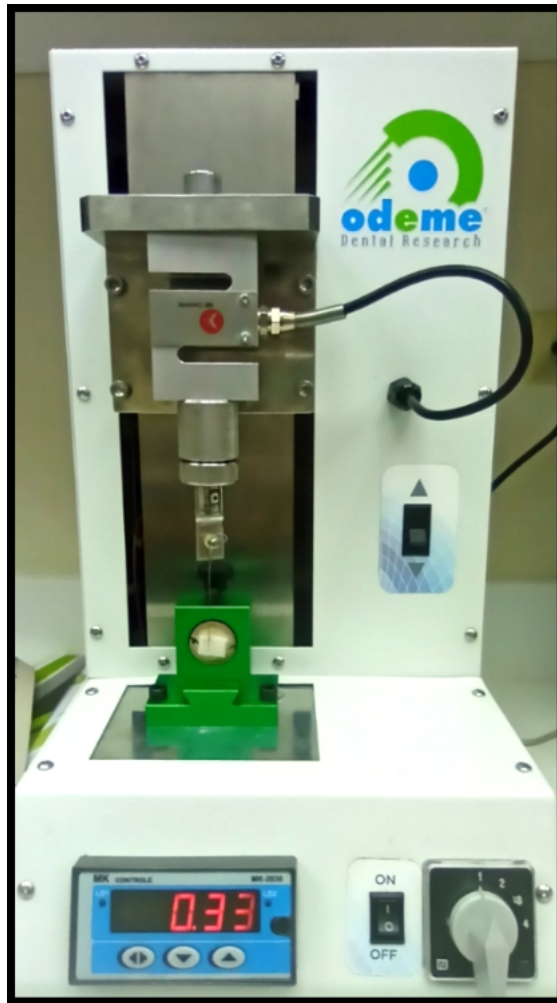


Fig. 6 Maquina de prueba universal

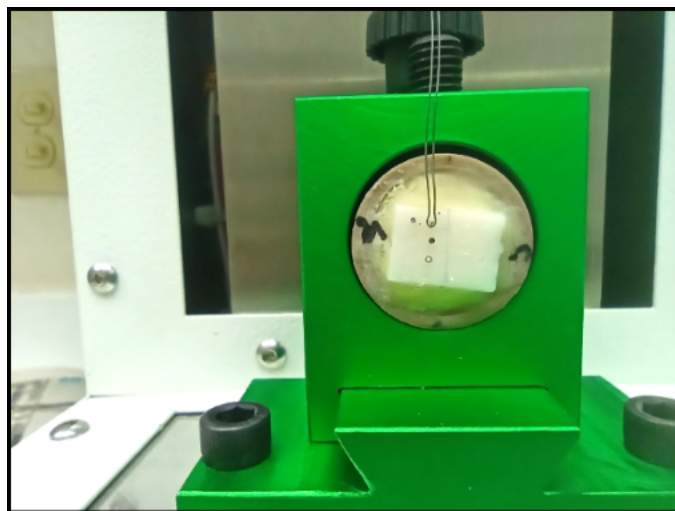


Fig. 7 Se observa el alambre tirando del pilar del cemento

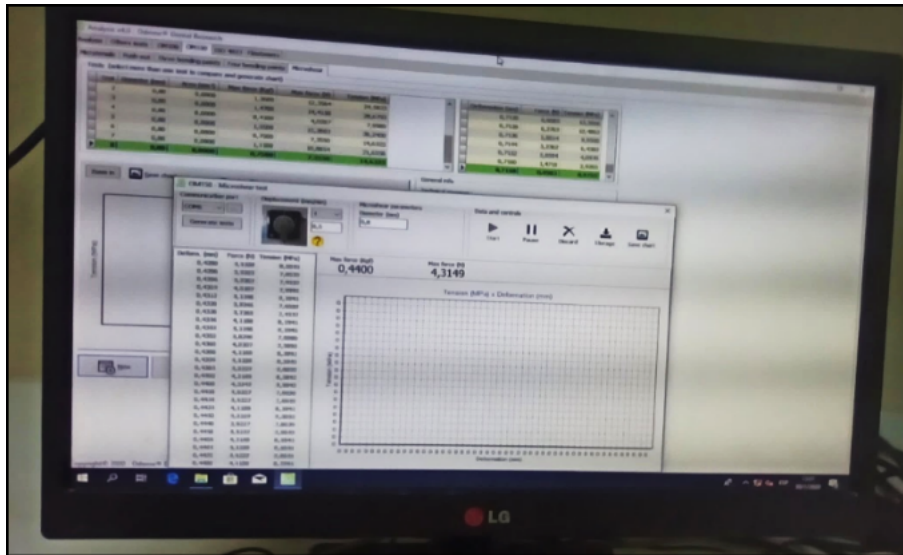


Fig. 8 Software donde se registran los valores de fuerza

## 8. Resultados

Los resultados fueron analizados estadísticamente mediante las pruebas de ANOVA y post hoc de Tukey.

Tabla 2. Análisis descriptivo del promedio con la desviación estándar de los tratamientos de superficie de Cerasmart

Fuente: Datos obtenidos del experimento

Elaborado por: Dr. Camilo Pulido

Descriptivos								
$\mu$ SBS	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
ASA	35	20,6874	3,04713	,51506	19,6407	21,7342	14,04	25,75
AS	35	17,9874	3,86389	,65312	16,6601	19,3147	9,80	24,00
AMA	35	21,0689	2,64712	,44745	20,1595	21,9782	16,58	27,89
Total	105	19,9146	3,47943	,33956	19,2412	20,5879	9,80	27,89

ANOVA					
$\mu$ SBS	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	197,525	2	98,762	9,490	,000
Dentro de grupos	1061,544	102	10,407		
Total	1259,069	104			

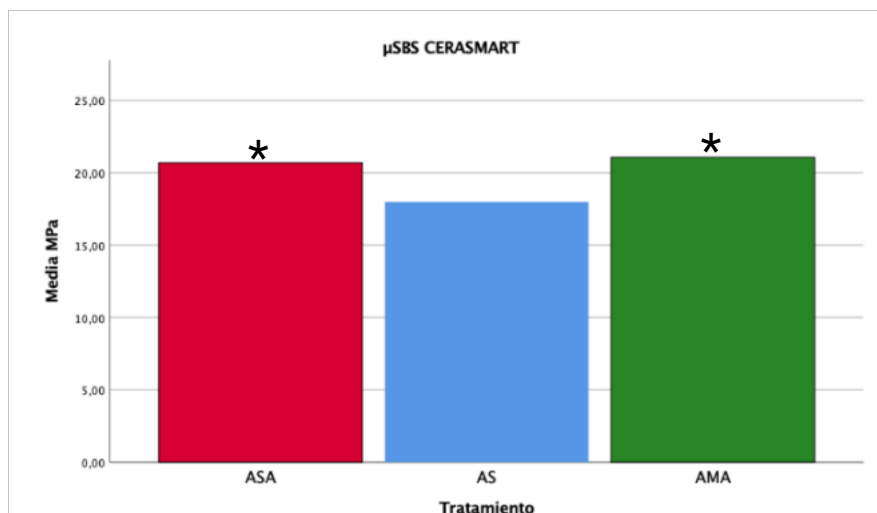
En esta tabla se observan los valores promedio de  $\mu$ SBS (microcizallamiento en MPa) de los 3 tipos de tratamiento de superficie realizados sobre el material Cerasmart. El grupo AMA obtuvo los valores más altos ( $21,0 \pm 2.6$ ), en el que se realizó arenado, la aplicación de Monobond etch & prime y el uso de adhesivo. Por otra parte, el valor de adhesión más bajo se obtuvo en el grupo AS ( $17,9 \pm 3.8$ ), en el cual se arenó y se aplicó silano como tratamiento de superficie. El grupo ASA en cambio obtuvo un valor intermedio entre ambos grupos ( $20,6 \pm 3.0$ ), su tratamiento de superficie consistió en el arenado, silano y la aplicación de adhesivo. El ANOVA reveló que existe un nivel de significancia estadísticamente significativa entre grupos ( $p < 0,05$ ).

**Tabla 3.** Comparación del nivel de significancia entre los tratamientos de superficie de Cerasmart

Fuente: Datos obtenidos del experimento  
Elaborado por: Dr. Camilo Pulido

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: $\mu$ SBS						
HSD Tukey						
(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
ASA	AS	2,70000	,77117	,002	,8658	4,5342
	AMA	-,38143	,77117	,874	-2,2156	1,4527
AS	ASA	-2,70000	,77117	,002	-4,5342	-,8658
	AMA	-3,08143	,77117	,000	-4,9156	-1,2473
AMA	ASA	,38143	,77117	,874	-1,4527	2,2156
	AS	3,08143	,77117	,000	1,2473	4,9156

La prueba post hoc de Tukey mostró diferencias entre las medias de los grupos. En la tabla 3 se determinó que el grupo AS presento diferencias estadísticamente significativas con el resto de grupos, con el grupo ASA (nivel 0.002 es decir  $< 0,05$ ) y con el grupo AMA (nivel 0.000 es decir  $< 0,05$ ). Entre los grupos ASA y AMA no hubo diferencias significativas con ( $0,874 > 0,05$ ).



**Grafica 1.** Barras del promedio de los resultados de  $\mu$ SBS en Mpa en Cerasmart. Los grupos con asterisco no tienen diferencias significativas ( $p > 0,005$ )  
Fuente: Datos obtenidos del experimento  
Elaborado por: Dr. Camilo Pulido

En las pruebas de microcizallamiento ( $\mu$ SBS) las cifras más elevadas de adhesión pertenecieron al grupo AMA, seguido del grupo ASA ( $p > 0,05$ ), entre los cuales no presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). El grupo AS mostró los valores de adhesión más bajos, presentando diferencias estadísticamente significativas tanto con el grupo ASA y con el grupo AMA

**Tabla 4.** Análisis descriptivo del promedio con la desviación estándar de los tratamientos de superficie de Tetric Cad  
Fuente: Datos obtenidos del experimento

Descriptivos								
μSBS								
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Minimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
ASA	35	24,2957	2,96495	,50117	23,2772	25,3142	18,33	33,36
AS	35	20,2963	1,62058	,27393	19,7396	20,8530	17,30	23,65
AMA	35	23,1763	2,65473	,44873	22,2644	24,0882	18,72	29,26
Total	105	22,5894	2,98361	,29117	22,0120	23,1668	17,30	33,36

ANOVA					
μSBS					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	298,001	2	149,001	24,208	,000
Dentro de grupos	627,802	102	6,155		
Total	925,803	104			

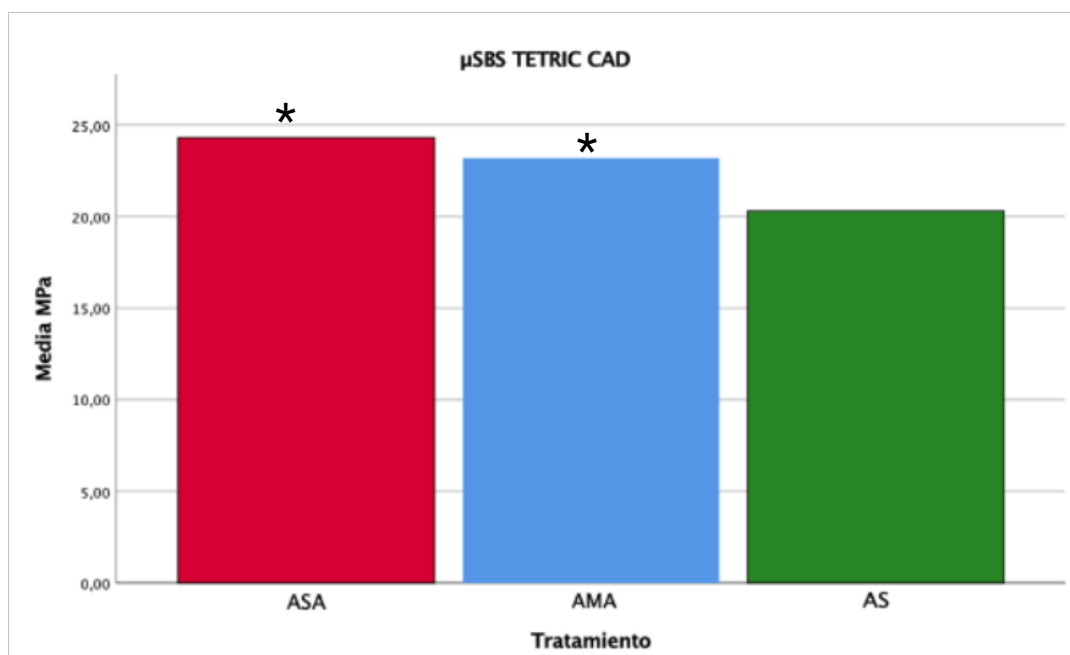
En esta tabla se observan los valores promedio de μSBS realizados sobre el material Tetric Cad. El grupo ASA obtuvo los valores más altos (24,2 ± 2.9), en el que se realizó arenado, aplicación de silano y la utilización del Monobond etch & prime. Por otra parte, el valor de adhesión más bajo se obtuvo en el grupo AS (20,2± 1.6), en el cual se arenó y se aplicó silano como tratamiento de superficie. El grupo AMA en cambio obtuvo un valor intermedio entre ambos grupos (23,1 ± 2.6), cuyo tratamiento de superficie consistió en el arenado, seguido de monobond etch & prime, y la aplicación de adhesivo. El ANOVA reveló que existe un nivel de significancia estadísticamente significativa entre grupos ( $p < 0,05$ ).

**Tabla 5.** Comparación del nivel de significancia entre los tratamientos de superficie de Tetric Cad

Fuente: Datos obtenidos del experimento  
Elaborado por: Dr. Camilo Pulido

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: MPa						
HSD Tukey						
(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
ASA	AS	3,99943	,59305	,000	2,5889	5,4099
	AMA	1,11943	,59305	,147	-,2911	2,5299
AS	ASA	-3,99943	,59305	,000	-2,5889	5,4099
	AMA	2,88000	,59305	,000	1,4695	4,2905
AMA	ASA	-1,11943	,59305	,147	-,2911	-2,5299
	AS	-2,88000	,59305	,000	-4,2905	-1,4695

En la tabla 3 se determinó que el grupo AS presentó diferencias estadísticamente significativas con los grupos ASA y AMA (nivel 0.000 es decir  $< 0.05$ ). Entre los grupos ASA y AMA no hubo diferencias significativas con ( $0.147 > 0,05$ ).



**Grafica 2.** Barras del promedio de los resultados de  $\mu$ SBS en Mpa en Tetric Cad. Los grupos con asterisco no tienen diferencias significativas ( $p > 0.005$ )  
Fuente: Datos obtenidos del experimento  
Elaborado por: Dr. Camilo Pulido

En las pruebas de microcizallamiento  $\mu$ SBS las cifras más elevadas de adhesión pertenecieron al grupo ASA, seguido del grupo AMA ( $p > 0.05$ ), entre los cuales no presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). El grupo AS mostró los valores de adhesión más bajos, presentando diferencias estadísticamente significativas tanto con el grupo ASA y con el grupo AMA.



## 9. Discusión

Las restauraciones indirectas en cerámica o resina, son de los tratamientos más frecuentes en la consulta odontológica, y con la asistencia de la tecnología CAD-CAM, y los nuevos materiales que continuamente se van actualizando, como bloques en resinas o compuestos híbridos, el éxito en las restauraciones de este tipo es cada vez más predecible (Sonmez, Gultekin, Turp, Akgungor, & Mijiritsky, 2018). En investigaciones previas se han analizado diferentes tratamientos de superficie para la cementación de restauraciones indirectas CAD-CAM, la bibliografía es extensa al tratarse de materiales cerámicos, pero no así para los compuestos con una matriz de resina. A pesar de esto, uno de los protocolos con mayor consenso en cuanto a su uso y resultados, es el arenado con óxido de aluminio, como tratamiento físico de la superficie para la mejora de los valores de adhesión (Becker, Franken, Keller, Branco, & Mezzomo, 2019) (Becker, 2019) (Sriram, Vidhya, & Chacko, 2018) (Capa, Say, Celebi, & Casur, 2018)

En cada uno de los grupos de este estudio se realizó arenado con óxido de aluminio, siendo este uno de los procedimientos más aceptados para mejorar la adhesión. De acuerdo a investigaciones, con el arenado se logra conseguir una superficie limpia, libre de contaminantes y la creación de microretenciones que favorecen la unión mecánica (Tekce N. , Tuncer, Demirci, Kara, & Baydemir, 2018). Sin embargo, en estudios realizados por Yoshihara, se demostró que además de provocar un aumento de la rugosidad superficial, también daña la superficie del material restaurador, por lo que este procedimiento se debe realizar con la presión y distancia adecuada, además ser complementado con un tratamiento químico, como el silano (Yoshihara, y otros, 2017). Ante esto, en un estudio realizados por Arao, se propuso el uso de partículas de vidrio en lugar de óxido de aluminio, causando un menor daño superficial y obteniendo una mejor adhesión (Arao, Yoshida, & Sawase, 2015).

Tekçe y colaboradores en su investigación realizada en el 2018 evaluaron los efectos del arenado con óxido de aluminio sobre bloques de resina CAD-CAM, demostrando que para cada material debe existir un protocolo específico de arenado (Tekce N. , Tuncer, Demirci, Kara, & Baydemir,

2018). El tamaño de la partícula de óxido de aluminio usada en este estudio fue de 50µm, sin embargo, en el mercado odontológico se puede encontrar de varios tamaños (27 o 30 µm), motivo por el cual resulta importante conocer la indicación de cada tipo de partícula, el tipo de material restaurador, así como su composición y estructura, para seleccionar el tamaño de grano adecuado y la presión del arenador (Yuri, y otros, 2018)

Tras este estudio in vitro, se observó que ambos materiales (Cerasmart y Tetric Cad) presentaron 2 tratamientos de superficie con los valores de adhesión más elevados, sin existir una diferencia significativa entre ellos (grupos ASA y AMA). Para Cerasmart, el grupo AMA mostró los mejores valores de adhesión, en este se realizó arenado con óxido de aluminio de 50 µm, aplicación del primer autograbante monobond etch & prime, seguido del uso de adhesivo universal. Se consideró el uso del primer autograbante por la composición y estructura de estos materiales restauradores, que, al poseer una fase vítrea, son susceptibles al grabado ácido, en el caso de este primer, el ácido fluorhídrico es reemplazado por el trifluoruro de dihidrógeno de tetrabutylamonio, con el fin de evitar sus posibles efectos tóxicos, en caso de ser usado de manera intraoral (Donmez, Okutan, & Yucel, 2020) (Miranda, y otros, 2020) (Alnafaiy, Labban, Maawadh, Alshehri, & Albaijan, 2021)-

En estudios previos se evidenció que el uso del primer autograbante es un método eficaz en el tratamiento físico de superficies de cerámicas híbridas, a pesar de no generar rugosidades superficiales como las formadas por el ácido hidrofúorhídrico al 9% (Donmez, Okutan, & Yucel, 2020). Sin embargo, la evidencia es escasa al tratarse de su aplicación en materiales nanocerámicos o nanohíbridos, debido a la matriz en resina que presentan estos materiales. En esta investigación se encontró que su aplicación, no generó cambios significativos en los valores de adhesión, comparado con el protocolo estándar (arenado + silano + adhesivo), y debido a su costo mayor, no se observa una ventaja en cuanto a su uso (Prado, 2018) (Donmez, Okutan, & Yucel, 2020).

Otras investigaciones del mismo modo no encontraron diferencias significativas entre el uso del protocolo estándar comparado con el primer

autograbante en el material Cerasmart, sin embargo, en materiales similares como Vita Enamic si se encontró diferencias, pues presentó mejores valores de adhesión con el uso del monobond etch & prime. Esta diferencia se explica por su distinta composición, ya que Vita Enamic contiene una matriz cerámica que representa el 86% de su peso molecular, comparado con el 71% de la Cerasmart, por lo que el efecto ácido sobre la matriz de vidrio es mayor en Vita Enamic (Miranda, y otros, 2020) (Sismanoglu, Gurcan, Bilmez, & Gumustas, 2020) (Alnafaiy, Labban, Maawadh, Alshehri, & Albaijan, 2021).

Para Tetric Cad, el grupo que presentó los mayores valores de adhesión fue el grupo ASA, cuyo procedimiento consistió en arenado con óxido de aluminio de 50  $\mu\text{m}$ , aplicación de silano, seguido del adhesivo universal. El uso del silano como agente de acoplamiento o unión química ha sido ampliamente investigado, y sus resultados han promovido su uso común dentro de la práctica odontológica, esto se explica por la presencia del monómero bifuncional del silano que puede reaccionar con los grupos metacrilato del cemento resinoso, y con el contenido polimérico de los materiales Cerasmart y Tetric Cad (Campos, y otros, 2015). Además, los grupos hidroxilo en el silano pueden interactuar con la composición inorgánica de los materiales CAD-CAM. El silano también humedece la superficie cerámica tratada, lo que mejora la capacidad de la resina para penetrar en las microporosidades, creando así uniones tanto mecánicas como químicas (Damanhoury & Gaintantzopoulou , 2018) (Yuri, y otros, 2018)

A pesar de esto, en otros estudios no se encontró una diferencia significativa de los valores de adhesión, entre, el grupo control sin tratamiento, comparándolo con el grupo al que se le aplicó solo silano (sin adhesivo). Este resultado puede deberse a la reacción activa del agente silano que aumenta proporcionalmente con el área inorgánica expuesta en la superficie. No obstante, cuando se trata de materiales con matriz de resina CAD-CAM, después del tratamiento superficial, una fina capa de resina permanece sobre la superficie de estos materiales, siendo esta la capa que puede inhibir o interferir en la adhesión del silano con los grupos silanol (OH) de los rellenos cerámicos (Emsermann, Eggmann, Krastl, Weiger, & Amato, 2019) (Sarahneh, 2021).

Para ambos materiales, Cerasmart y Tetric Cad, el grupo AS (arenado con óxido de aluminio de 50 $\mu$ m + silano) mostró los valores de adhesión más bajos, existiendo una disminución significativa comparado con los grupos AMA y ASA, con el adhesivo universal como factor diferencial. Coincidiendo con estudios previos donde se demostró que el uso de adhesivos universales mejoró significativamente los valores de adhesión entre los materiales con matriz de resina CAD-CAM y los cementos resinosos (Wang, Shi, Pan, Cui, & Xia, 2017). Esto se explica por varios motivos; primero el pH bajo permite que la iniciación de la reacción química sea en la superficie, en segundo lugar el contenido de 10-MDP, el que mejora la estabilidad de la reacción y además protege la interface de unión de la degradación hidrolítica, y tercero la presencia de MMA (metacrilato de metilo) disuelve y activa la resina ubicada en la superficie creando un medio apropiado, esto para que los enlaces dobles de carbono libre de la superficie del material CAD-CAM polimericen con los compuestos de carbono ubicados en el adhesivo universal (Sofan, y otros, 2017) (Sarahneh, 2021).

En el presente estudio se confirmó que para ambos materiales analizados el uso del adhesivo universal mejora significativamente los valores de adhesión. Además, no se encontró una diferencia significativa con el uso del primer autograbante (monobond etch & prime), por lo que su indicación por lo menos en materiales híbridos CAD-CAM no es justificado, considerando además la diferencia de costos respecto a otros materiales tradicionalmente usados.

## **10. Conclusiones**

Los resultados obtenidos muestran que tanto para Cerasmart como para Tetric Cad, los tratamientos de superficie con los valores de adhesión más altos fueron los protocolos que incluyeron el arenado y la aplicación de adhesivo universal, solo difiriendo en el uso de silano y del primer autograbante, éste último sin presentar ninguna diferencia o mejora significativa. Los grupos que presentaron menores valores de adhesión para ambos materiales, fueron

en los que se excluyó la aplicación de adhesivo universal. Con esto se confirma que la aplicación de adhesivo universal, incrementa significativamente los valores de adhesión en la cementación de este tipo de materiales.

## 11. Recomendaciones

Se recomienda realizar estudios futuros, utilizando mayor número de materiales híbridos CAD-CAM, ya que en el mercado actual existe una gran variedad de estos, además de realizar estudios con termociclado, para demostrar la longevidad de los valores de adhesión a través del tiempo y de parámetros que se encuentran en el medio bucal

## Bibliografía

- Alnafaiy, S., Labban, N., Maawadh, A., Alshehri, H., & Albaijan, R. (2021). Repair Bond Strength of Composite Resin to Aged Resin and Glass-Matrix CAD/CAM Ceramic Materials Using Two Different Repair Systems. *Journal Coatings*, 2-13.
- Angeletaki, F., Gkogkos, A., Papazoglou, E., & Kloukos, D. (2016). Direct versus indirect inlay/onlay composite restorations in posterior teeth. A systematic review and meta-analysis. *Journal of Dentistry*, 12-21.
- Arao, N., Yoshida, K., & Sawase, T. (2015). Effects of air abrasion with alumina or glass beads on surface characteristics of CAD/CAM composite materials and the bond strength of resin cements. *Journal of Applied Oral Science*, 629-636.
- Atay, A., & Sagirkaya, E. (2019). Effects of Different Surface Treatments on the Bond Strength of CAD/CAM Resin Nano Ceramic or Ceromer to Resin Cement. *Cumhuriyet Dental Journal*, 226-234.
- Barutcigil, K., Barutcigil, C., Kul, E., Mustafa, M., & Sebnem, U. (2016). Effect of Different Surface Treatments on Bond Strength of Resin Cement to a CAD/CAM Restorative Material: Effects of Surface Treatments on Hybrid Ceramic Block. *Journal of prosthodontics*, 1-8.
- Becker, S., Franken, P., Keller, R., Branco, V., & Mezzomo, F. (2019). CAD/CAM or conventional ceramic materials restorations longevity: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Prosthodontic Research*, 389-395.

- Cadorim, J., Borba, M., & Corazza, P. (2018). A literature review on the new polymer-infiltrated ceramic-network material (PICN). *Journal of Esthetic Restorative Dental*, 1-6.
- Caglar, I., Ates, S., Aslan, Y., & Yesil, Z. (2018). Effect of Sandblasting, Silica Coating, and Erbium: Yttrium Aluminum Garnet Laser Treatment on the Shear Bond Strength of Self adhesive Resin Cement to Alumina Ceramics. *Nigerian Journal of Clinical Practica*, 1-7.
- Campos, F., Almeida, C., Rippe, M., de Melo, R., Valandro, L., & Bottino, M. (2015). Resin Bonding to a Hybrid Ceramic: Effects of Surface Treatments and Aging. *Operative Dentistry*, 1-8.
- Capa, N., Say, E., Celebi, C., & Casur, A. (2018). Microtensile bond strengths of adhesively bonded polymer-based CAD/CAM materials to dentin. *Dental Materials Journal*, 1-11.
- Damanhoury, H. E., & Gaintantzopoulou, M. (2018). Self-etching ceramic primer versus hydrofluoric acid etching: Etching efficacy and bonding performance. *Journal of Prosthodontic Research*, 1-9.
- Dapieve, K., Machry, R., Pilecco, R., Kleverlaan, C., Rocha, G., Venturini, A., & Valandro, L. (2020). One-step ceramic primer as surface conditioner: effect on the load-bearing capacity under fatigue of bonded lithium disilicate ceramic simplified restorations. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 1-24.
- Donmez, M., Okutan, Y., & Yucel, M. (2020). Effect of prolonged application of single-step self-etching primer and hydrofluoric acid on the surface roughness and shear bond strength of CAD/CAM materials. *European Journal of Oral Sciences*, 1-8.
- Emsermann, I., Eggmann, F., Krastl, G., Weiger, R., & Amato, J. (2019). Influence of Pretreatment Methods on the Adhesion of Composite and Polymer Infiltrated Ceramic CAD-CAM Blocks. *Journal of Adhesive Dentistry*, 433-443.
- Fasbinder, D. (2018). Material Matters: A Review of Chairside CAD/CAM Restorative Materials. *Journal of Cosmetic Dentistry*, 64-74.
- Ferraris, F. (2017). Posterior indirect adhesive restorations (PIAR): preparation designs and adhesthetics clinical protocol. *Journal od Esthetic Dentistry*, 482-502.

- Fraunhofer, A. v. (2012). Adhesion and Cohesion. *International Journal of Dentistry*, 1-8.
- Gracis, S., Thompson, V., Ferencz, J., Silva, N., & Bonfante, E. (2015). A new classification system for all ceramic and ceramic like restorative materials. *Quintessence*, 227-235.
- Grandon, F., & Wendler, M. (2018). Contemporary adhesive cementation: the challenge of bonding to new Cad Cam restorative materials. *Journal of Oral restoration*, 170-172.
- Hegde, M., Hegde, P., Shetty, V., & Sampath, P. (2008). Assessment of antibacterial activity of self-etching dental adhesive systems: An in vitro study. *Journal of Conservative Dentistry*, 150-153.
- Lambert, H., Durand, J., Jacquot, B., & Fages, M. (2017). Dental biomaterials for chairside CAD/CAM: State of the art. *Journal of Advanced Prosthodontics*, 486-495.
- Lise, D., Ende, A., Munck, J., Baratieri, L., & Merrbeek, B. (2016). Microtensile Bond Strength of Composite Cement to Novel CAD/ CAM Materials as a Function of Surface Treatment and Aging. *Operative Dentistry*, 41-46.
- Mine, A., Kabetani, T., Uemura, A., Higashi, M., Hagino, R., Imai, D., . . . Yatani, H. (2018). Effectiveness of current adhesive systems when bonding to CAD CAM indirect resins materials: A review of 32 publications. *Japanese Dental Science Review*, 1-10.
- Miranda, J., Monteiro, J., Ferreira, P., Valera, M., Bresciani, E., & Melo, R. (2020). Can different etching protocols change the properties of a hybrid ceramic? *General Dentistry*.
- Montevaseelian, F., Amiri, Z., Chiniforush, N., Mirzaei, M., & Thompson, V. (2019). In Vitro Evaluation of the Effect of Different Surface Treatments of a Hybrid Ceramic on the Microtensile Bond Strength to a Luting Resin Cement. *Journal of laser in medical sciences*, 297-303.
- Nagasawa, Y., Hibino, Y., Eda, Y., & Nakajima, H. (2021). Effect of surface treatment of CAD/CAM resin composites on the shear bond strength of self-adhesive resin cement. *Journal of Dental Materials*, 364-378.
- Naruse, Y., Takagaki, T., Matsui, N., Sato, T., Ali, A., Ikeda, M., . . . Tagami, J. (2018).

- Effect of alumina-blasting pressure on adhesion of CAD/CAM resin block to dentin. *Dental Materials Journal*, 805-811.
- Nasr, E., Makhoulf, A., Zenouni, E., & Makzoume, J. (2019). All-ceramic Computer-aided Design and Computer-aided Manufacturing Restorations: Evolution of Structures and Criteria for Clinical Application. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 516-523.
- Nishigawa, G., Maruo, Y., Irie, M., Maeda, N., Matsumoto, T., & Minagi, S. (2016). Various Effects of Sandblasting of Dental Restorative Materials. *Plos One*, 1-10.
- Noda, Y., Nakajima, M., Takahashi, M., Mamanee, T., Foxton, R., & Tagami, J. (2017). The effect of five kinds of surface treatment agents on the bond strength to various ceramics with thermocycle aging. *Dental Materials Journal*, 755-761.
- Papadiochou, S., & Pissiotis, A. (2018). Marginal adaptation and CAD-CAM technology: A systematic review of restorative material and fabrication techniques. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 1-6.
- Passos, S., Valandro, L., Bottino, M., Moraes, M., & Santos, G. (2011). Shear bond strength of resin cement bonded to alumina ceramic after treatment by aluminum oxide sandblasting or silica coating. *Journal of Prosthodontics*, 561-565.
- Peumans, M., Valjakova, E., De Munck, J., Michevska, C., & Meerbeek, B. (2016). Bonding effectiveness of luting composites to different cad cam materials. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 289-302.
- Prado, M. (2018). MEP application was found to be an effective surface treatment method, as it markedly increased Ra and SBS values compared to the controls. *The Journal of Adhesive dentistry*, 99-105.
- Prudente, M., Davi, L., Nabbout, K., Prado, C., & Neves, F. (2017). Influence of scanner, powder application, and adjustments on CAD-CAM crown misfit. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 1-7.
- Rosentritt, M., Krifka, S., Strasser, T., & Preis, V. (2019). Fracture force of CAD/CAM resin composite crowns after in vitro aging. *Clinical Oral Investigations*, 1-7.
- Rudawska, A., Danczak, I., Muller, M., & Henc, P. (2016). The effect of sandblasting on surface properties for adhesion. *International Journal of Adhesion and*



*Adhesives*, 176-190.

Sagsoz, O., Sagsoz, N., Yurtcan, M., & Ozcelik, N. (2019). Hydroxyapatite coating effect on the bond strength between CAD/CAM materials and a resin cement. *The Society of The Nippon Dental University*, 1-9.

Sakaguchi, R. (2012). *Craig's Restorative Dental Materials*. Portland: Mosby .

Sarahneh, O. (2021). The effect of silane and universal adhesives on the micro-shear bond strength of current resin-matrix ceramics. *Journal of Advanced Prosthodont.*, 292-303.

Siqueira, F., Cardenas, A., Gutierrez, M., Malaquias, P., Loguercio, A., & Perdigao, J. (2016). Laboratory Performance of universal adhesive systems for luting Cad Cam restorative materials. *Journal of adhesive dentistry*, 1-10.

Sismanoglu, S., Gurcan, A., Bilmez, Z., & Gumustas, B. (2020). Effect of surface treatments and universal adhesive application on the microshear bond strength of CAD/CAM materials. *Journal Adv Prosthodont.*, 22-32.

Sofan, E., Sofan, A., Palaia, G., Tenore, G., Romeo, U., & Migliau, G. (2017). Classification review of dental adhesive systems: from the IV generation to the universal type. *Annali Di Stomatologia*, 1-17.

Sonmez, N., Gultekin, P., Turp, V., Akgungor, G., & Mijiritsky, E. (2018). Evaluation of five CAD/CAM materials by microstructural characterization and mechanical tests: a comparative in vitro study. *BMC Oral Health*, 1-18.

Sriram, S., Vidhya, S., & Chacko, Y. (2018). Computer Aided Designing/Computer Aided Manufacturing in Dentistry (CAD/ CAM) – A Review. *Article International Journal of Current Research and Review*, 20-24.

Tekç, N., Fidan, S., Tuncer, S., Kara, D., & Demirci, M. (2018). The effect of glazing and aging on the surface properties of CAD/CAM resin blocks. *Journal of Adv Prosthodont*, 50-57.

Tekce, N., Tuncer, S., Demirci, M., Kara, D., & Baydemir, C. (2018). Microtensile Bond Strength of CAD/CAM Resin Blocks to Dual-Cure Adhesive Cement: The Effect of Different Sandblasting Procedures. *Journal of Prosthodontics*, 1-6.

Tekce, N., Tuncer, S., Demirci, M., Kara, D., & Baydemir, C. (2018). Microtensile Bond

Strength of CAD/CAM Resin Blocks to Dual-Cure Adhesive Cement: The Effect of Different Sandblasting Procedures. *Journal of Prosthodontics*, 1-6.

Wang, R., Shi, Y., Pan, Y., Cui, Y., & Xia, W. (2017). Adhesive interfacial characteristics and the related bonding performance of four self-etching adhesives with different functional monomers applied to dentin. *Journal of Dentistry*, 72-80.

Yoshihara, K., Nagaoka, N., Maruo, Y., Nishigawa, G., Irie, M., Yoshida, Y., & Van Merrbeek, B. (2017). Sandblasting may damage the surface of composite CAD–CAM blocks. *Dental Materials*, 124-135.

Yuri, D. B., Pin, L., Farina, A., Souza, M., Pimenta, C., Dal Bello, Y., . . . Bedran, A. (2018). Bond strength between composite repair and polymer infiltrated ceramic network material: Effect to different surface treatments. *J Esthetic Dent*, 1-5.

Zohairy, A. E., Saber, M., Abdalla, A., & Feilzer, A. (2010). Efficacy of microtensile versus microshear bond testing for evaluation of bond strength of dental adhesive systems to enamel. *Journal of Dental Materials*, 848-854.