

ESTUDIO COMPARATIVO DE RESISTENCIA A FUERZAS DE CIZALLAMIENTO DE SISTEMAS CERAMO-CERÁMICOS.

Nieto Reyes Cr, Cordero Rueda Nm, Sayago Prato H.

Autor responsable de correspondencia. cesarnieto76@gmail.com

Resumen.

Introducción. En la actualidad los materiales de uso odontológico están en una constante evolución, y la búsqueda del material restaurador que cumpla con los requisitos ideales de estética, función y biocompatibilidad es tal vez la razón de esa constante.

Métodos. Se realizó un estudio experimental in vitro. El tamaño de la muestra fue de 80 muestras divididas en 4 grupos teniendo como grupo control el metal base. Se elaboraron un total de ochenta (80) cilindros. Para las muestras de Metal-base se utilizaron los cilindros pre-fabricados de la casa comercial BEGO-Wiron 99. Los cilindros para las muestras de zirconio se fabricaron mediante un proceso CAD-CAM. Los cilindros para las muestras de Oxido de Aluminio, se obtuvieron a través del maquinado de bloques pre-sinterizados. Los cilindros para las muestras de Disilicato de Litio se elaboraron a partir del duplicado de los cilindros pre-fabricados de metal-base. Para la aplicación de la cerámica a los cilindros metálicos, se realizó un arenado previo con partículas de óxido de aluminio de 110 micras a 4 bares de presión por 15 segundos, según indica la casa fabricante. Los especímenes fueron cargados en el inserto, el cual permaneció fijo mientras se realizó la prueba en una máquina de prueba universal. Posteriormente las muestras se analizaron mediante registro fotográfico. Los resultados de las cuantificaciones de los controles de calidad, así como los cálculos y resultados de estos mismos se digitaron en Excel y se procesó la información en SPSS 21.

Resultados. la distribución de las fuerza fue la misma entre todos los tipos de falla con una $p=0,001$, le material menos resistente antes de provocar cualquier tipo de falla fue el sistema cerámico de Oxido de Aluminio, con una media de $375,4\pm 129,04$. existió una diferencia entre los subgrupos, con respecto a la fuerza utilizada para producir la falla con una $p=0,001$.

Conclusión. El material que presentó valores más altos, soportando mayor fuerza, fue el grupo de Disilicato de litio, sin embargo presentó menor compresión o carga, debido a su rigidez y su bajo modulo elástico.

Palabras clave. Disilicato de litio, oxido de Alumina, Zirconio.

SUMMARY .

Introduction : Currently dental materials are constantly evolving , and the pursuit of restorative material that meets the ideal requirements of aesthetics, function and biocompatibility is perhaps the reason for this constant .

Methods: An experimental study was conducted in vitro . The sample size was 80 samples divided into 4 groups , control group base metal, pre -fabricated BEGO - Wiron 99 were

used in the sample. The cylinders for samples of zirconium and aluminum oxide cylinders used were manufactured using a CAD -CAM process. Disilicato cylinders lithium were prepared from duplicate of pre -fabricated metal -base cylinders. For the application of ceramic to the samples , instruction was given to a qualified technician and following the instructions of the manufacturer . The specimens were loaded in the insert , which remained fixed while the test was performed in a universal testing machine . The samples were analyzed by photographic records . The results of quality control measurements, and calculations were entered into Excel and processed inSPSS 21.

Results: The distribution of force was the same between the types of fault with $p = 0.001$, the less resistant material before causing any type of failure was the system Aluminum Oxide , with an average of 375.4 ± 129.04 . there was a difference between subgroups , relative to the force used to produce the fault with a $p = 0.001$

Conclusion: The lithium disilicate presented higher values , supporting stronger , yet has less effort, due to its rigidity and low elastic modulus .

Keywords . Lithium disilicate , alumina oxide , zirconium. shearing

Introducción.

En la actualidad los materiales de uso odontológico están en una constante evolución, y la búsqueda del material restaurador que cumpla con los requisitos ideales de estética, función y biocompatibilidad es tal vez la razón de esa constante. Durante los últimos años los materiales cerámicos utilizados para la restauración en prótesis fija, no son ajenos a esta rápida evolución y al igual que muchos otros materiales han desarrollado una amplia gama de opciones en el área restaurativa.^{1,2} Esta evolución en los sistemas cerámicos ha llegado a plantear el cambio de la cofia metálica sobre la cual se aplica la porcelana por estructuras completamente cerámicas.¹ Por lo que se hace necesario conocer y establecer comparaciones en sus propiedades físicas y mecánicas alcanzando el máximo entendimiento de los sistemas Ceramo-cerámicos; para que sirvan de guía en el proceso de selección de los diferentes sistemas de acuerdo con las necesidades estético-funcionales específicas para cada paciente.²

La rápida evolución que viven los materiales cerámicos y la demanda en odontología estética obligan al profesional a conocer y entender las diferentes opciones que provee el mercado para seleccionar el material indicado para llevar a cabo el proceso restaurativo.² Es así, que las restauraciones libres de metal han mejorado su potencial para que puedan ser usadas en coronas y prótesis parcial fija en posteriores y no sólo ser exclusiva para la confección de coronas anteriores.^{2 3} Con respecto a la fuerza, durante la masticación el

esfuerzo máximo en zona de posteriores, equivale a 500 Newtons, lo que ha hecho que los materiales odontológicos hoy por hoy puedan resistir el doble²

El estándar de resistencia de la unión de sistemas para restauraciones libres de metal es la (ISO6872: 1995, DIN13925) y para restauraciones metal-cerámica es la (DIN ENISO9693: 1995/ISO9693: 1999) equivalente a 25 MPa, por lo que la prueba de cizallamiento ha sido propuesta por varios autores para evaluar la adhesión de los materiales dentales.^{4,5}

Las fuerzas tangenciales de deslizamiento o de cizallamiento están presentes en toda la fisiología del sistema estomatognático, actualmente han sido poco utilizadas pero se genera una fuerte tendencia a su utilización como pruebas muy idóneas para estudiar la resistencia de las uniones entre materiales.^{1,5} La unión de la porcelana a los diferentes sustratos varían para cada uno de ellos, lo que permite formular la siguiente pregunta ¿Qué tan resistente es la unión entre los diferentes tipos de sustrato para cerámica a las fuerzas tangenciales, de deslizamiento o de cizallamiento? ya que este tipo de fuerzas mecánicas están presentes en la fisiología del sistema estomatognático.¹

La relevancia de este proyecto de investigación, es comparar y conocer las diferencias entre cada uno de los sistemas cerámicos, y determinar cuál de los sistemas ceramo-cerámicos, tiene mayor adhesión y por lo tanto mayor resistencia a las fuerzas tangenciales, resultados que servirán como guía al profesional para establecer cuál de los sistemas es el adecuado para su uso clínico.

La factibilidad de este estudio descriptivo in vitro, está determinada por el personal idóneo con que cuenta la Universidad Santo Tomás, además de los equipos requeridos para la realización de las pruebas de esta investigación. Se contó con la facultad de ingeniería mecatrónica, en el desarrollo de las pruebas en este estudio. Adicionalmente, los resultados de este trabajo aportaron conocimiento a la línea de materiales dentales del grupo de investigación Morfofisiología y Sistema estomatognático. Con lo anterior se propuso Comparar la resistencia de tres sistemas ceramo – cerámicos, de acuerdo a fuerzas tangenciales o de cizallamiento.

Materiales Y Métodos.

Se realizó un estudio experimental in vitro, dado que se examinaron en el laboratorio de ingeniería mecatrónica 4 grupos de los sistemas cerámicos más frecuentemente usados en odontología (metal base, zirconio, óxido de aluminio, disilicato de litio). El tamaño de la muestra fue de 80 muestras divididas en 4 grupos teniendo como grupo control el metal base. Se tuvieron en cuenta los parámetros seguidos en el artículo publicado por Vega del Barrio JM. Resistencia al cizallamiento de un sistema totalmente cerámico frente a siete sistemas ceramo-metálicos: estudio comparativo.

Inicialmente, entre los investigadores se realizó una estandarización sobre la forma en que se aplicarían los criterios de elegibilidad y se recogerían los datos de cada observación.

Se elaboraron un total de ochenta (80) cilindros de 7,9 mm de ancho por 15 mm de longitud, los cuales se dividieron en 4 grupos de 20 muestras cada uno, un correspondientes a los tres sistemas cerámicos y un grupo de 20 muestras correspondiente al metal base como grupo control, que se evalúan en el presente estudio así:

| Grupo | Sistema Cerámico | Muestra | Técnica De Fabricación |
|-----------------|-------------------------|----------------|-------------------------------|
| 1 MB1 hasta 20 | Metal – Base | 20 | Pre-Fabricado |
| 2 ZR 1 hasta 20 | Zirconio | 20 | Cad - Cam |
| 3 AL 1 hasta 20 | óxido de aluminio | 20 | Fresada |
| 4 DS 1 hasta 20 | Disilicato de litio | 20 | Prensada |

Para las muestras de Metal-base se utilizaron los cilindros pre-fabricados de la casa comercial BEGO-Wiron 99, que corresponde a un sistema de aleación metálica Cromo Níquel, 22.5% 65.0% respectivamente, sin Berilio conforme ISO 9693. Los cilindros para las muestras de zirconio se fabricaron mediante un proceso CAD-CAM (CEREC MCXL FRESADORA ESCANEADAS CON INEOS BLUE a partir de bloques sinterizados (VITABLOCK YZ 40/19) con una composición de dióxido de zirconio 95%, los cuales se estabilizaron según las indicaciones de la casa comercial. Los cilindros para las muestras de Oxido de Aluminio, se obtuvieron a través del maquinado de bloques pre-sinterizados (Vita In Ceram Al 40) los cuales no requieren infiltrarse, (Sistema CEREC, MCXL FRESADORA, ESCANEADAS CON INEOS BLUE) fueron sinterizados según indicaciones de la casa comercial) Los cilindros para las muestras de Disilicato de Litio se elaboraron a partir del duplicado de los cilindros pre-fabricados de metal-base (WIRON 99-BEGO) mediante una matriz de silicona de adición (Elite-Zhermack/Putty), Se derrite la cera para patrones (StarWax.CB DENTAURUM) para realizar un chorreado sobre la impresión y de esta forma obtener los cilindros en cera; El revestimiento se lleva a cabo con IPS PressVEST Speed (revestimiento rápido)el cual se mezcló en una máquina de vacío tecnodent tornado. se procede al proceso de fundición de la cera mediante la técnica de cera perdida en un horno EGEO FURMAX para la posterior inyección de pastillas IPS e.max Press LT ivoclar vivadent (composición SiO₂, otros componentes adicionales Li₂O K₂O MgO entre otros, utilizando un horno programat ep 3000 de ivoclar según las indicaciones de la casa del fabricante; Una vez retirado todo el revestimiento, con el líquido IPS e.max Press Invex se elimina la capa de reacción que se forma durante el proceso de inyección.

La porcelana fue aplicada en un extremo de cada cilindro por un técnico de laboratorio dental de acuerdo con las indicaciones que cada casa comercial indica para el sistema cerámico a utilizar y quien además recibirá instrucciones por parte del director del proyecto (Enrique Mesa) para asegurar la reproducibilidad de las muestras disminuyendo el

riesgo de falla. La cocción de la cerámica se realizó en un mismo horno VITA VACUMAT 40 T programado para cada sistema cerámico.

Para la aplicación de la cerámica a los cilindros metálicos, se realizó un arenado previo con partículas de óxido de aluminio de 110 micras a 4 bares de presión por 15 segundos, según indica la casa fabricante. Se trabajó con la cerámica para aleaciones metálicas VITA VM13 de la empresa alemana VITA ZAHNFABRIK y se colocó una primera capa de opaco seguida por una segunda capa de opaco para (compensar la contracción del material) según indicaciones de la casa fabricante y lograr recubrir toda la superficie del extremo del cilindro, la cerámica se estratificó con dentina y esmalte simulando el proceso real de laboratorio. Todo se realizó con las normativas expuestas por la compañía en el catálogo de dicha cerámica.

Terminada la etapa de aplicación y cocción de la porcelana se procedió a nivelar y rectificar la capa de cerámica hasta un espesor de 1.5 mm en todas las muestras mediante una máquina fresadora PARASKOP de la empresa Bego, previa calibración de la misma y con un disco diamantado, y fresas de granulometría fina no superior a 80 micras. Realizada esta fase se procedió a realizar el glaseado de las muestras usando los parámetros establecidos por la fábrica. Las muestras fueron evaluadas mediante inspección visual para determinar que no presentaran defectos que se puedan ver clínicamente y que puedan alterar los resultados de este estudio de investigación, tales como fracturas, grietas o poros. Los especímenes fueron cargados en el inserto, el cual permaneció fijo mientras se realizó la prueba en una máquina de prueba universal a través de la cual se pueden medir presiones y deformaciones producidas por la aplicación de una carga (Instron 8501, Instron, cantón, MA), usando una velocidad de 2 mm/min con una platina de sección, la carga de la fractura de cada muestra se registró en el instrumento diseñado para tal fin. Posteriormente las muestras se analizaron mediante registro fotográfico que se realizó con cámara fotográfica canon Eos Rebel XSi con lente macro EF 100 mm 1: 2.8 USM, y para observar el tipo de falla (adhesiva - cohesiva).

Este trabajo de investigación se clasifica como investigación sin riesgo, según lo dispuesto en el artículo 11 “...no se realiza ninguna intervención o modificación intencionada de las variables biológicas, fisiológicas, psicológicas o sociales de los individuos que participan en el estudio...” y se ajusta a todas las especificaciones incluidas en la resolución número 8430 del 4 de Octubre de 1993, capítulo III, artículo 60.

Los resultados de las cuantificaciones de los controles de calidad, así como los cálculos y resultados de estos mismos se digitaron en Excel y se procesó la información en SPSS 21. Para la descripción de los datos se calcularon frecuencias y proporciones para las variables cualitativas y medidas de tendencia central y dispersión para las variables cuantitativas. Se realizó un análisis de varianza (Anova) ó la prueba de Kruskal Wallis, según la naturaleza y

distribución de las variables. Un valor de p menor a 0,05 fue considerado como estadísticamente significativo.

Resultados.

Teniendo en cuenta que los siguientes resultados son arrojados en megapascales (mpa) para carga y en Newtons (N) para fuerza; al comparar el esfuerzo específico de cada material es importante mencionar que según las pruebas no paramétricas, la distribución de la fuerza fue la misma entre todos los tipos de falla con una $p=0,001$ conforme al test de U de Mann Whitney. Con respecto a la fuerza aplicada y el tipo de material, fue evidente que el material menos resistente antes de provocar cualquier tipo de falla fue el sistema cerámico de Oxido de Aluminio, con una media de $375,4 \pm 129,04$ siendo estadísticamente significativo, incluso comparado con el metal base que soportó una fuerza mayor con una media de $672,2 \pm 261,6$. (Ver tabla 1)

Según la prueba de pos hoc de Bonferroni, existió una diferencia entre los subgrupos, con respecto a la fuerza utilizada para producir la falla con una $p=0,001$; es decir si existió diferencia entre el tipo de material y la resistencia que tenía el mismo frente a la fuerza ejercida para provocar una falla ya sea adhesiva o cohesiva. (Ver tabla 1)

De acuerdo al material más resistente se observó que el sistema cerámico de Disilicato de Litio soportó mayor fuerza antes de provocar algún tipo de falla, con una fuerza cerca a los 2000 N, comparado con los demás sistemas cerámicos, incluso con el grupo control de metal base. (Ver figura 1) Con respecto a la falla, se evaluaron dos tipos de falla (falla adhesiva - falla cohesiva), según la fuerza aplicada y el tipo de material o sistema cerámico. A nivel general se observó, que la primera falla producida al aplicar la fuerza, fue la falla adhesiva, ya que se produjo con menor cantidad de fuerza en Newtons. (Ver figura 2)

Para producir una falla cohesiva, fue necesario aplicar una fuerza cerca de 2000 N. Observándose una diferencia estadística de $p=0,001$ entre la fuerza aplicada y el tipo de falla producida en los diferentes tipos de material, confirmando la primera falla presente (adhesiva) con una media de $671,99 \pm 329,46$ comparada con la falla cohesiva. (Ver tabla 2)

Ya establecida la cantidad de fuerza aplicada para provocar alguna falla en los diferentes sistemas cerámicos y el grupo control de metal-base; se estableció cual fue el tipo de falla presente en cada material, observándose que el único grupo que presentó falla cohesiva, fue el de Disilicato de Litio, siendo considerado con anterioridad como el material que más fuerza resistió antes de provocar la falla. Con respecto a los otros grupos el tipo de falla presente fue la falla adhesiva. (Ver tabla 3)

Discusión.

Las cerámicas dentales se consideran productos de naturaleza inorgánica, formados mayoritariamente por elementos no metálicos, que se obtienen por la acción del calor. En general, se caracterizan por ser biocompatibles, resistentes a la corrosión, no reaccionan con líquidos, ni ácidos y presentan buena resistencia a la flexión y a la fractura.⁶

Con respecto a la cerámica de Disilicato de Litio, ésta contiene feldespato, responsable de la translucidez, cuarzo que compone la fase cristalina, caolín que le proporciona plasticidad y Disilicato de Litio para mejorar la resistencia. En cuanto a la resistencia a la fractura, esta cerámica supera el valor límite de 100 MPa, establecido por la norma ISO 6872 y una resistencia a la flexión de 350 MPa. En éste estudio no se superó el valor aplicado por la ISO, ya que la carga establecida para este material fue del 70% menos del valor recomendado, sin diferencias significativas, sin embargo con respecto a la resistencia en fuerza fue el material que más soporte potencia en Newton.⁷

De acuerdo a los sistemas de Oxido de Aluminio, se sabe que ésta presenta una resistencia a la fractura de 300-700 MPa y una resistencia a la flexión de 500 MPa considerada como una resistencia moderada. Con respecto al Oxido de Zirconio, se menciona que presenta resistencia a la fractura por encima de 700 MPa y a la flexión entre 1000 y 1500 MPa.⁸ Pineda y Cols (2013)⁸, evaluaron el esfuerzo y la carga para comparar tres tipos de sistemas cerámicos, teniendo en cuenta su módulo de elasticidad, encontrando que el sistema con Oxido de Aluminio soporto más carga a la compresión, comparado con los demás sistemas cerámicos con 500mpa, siendo el elemento con mayor módulo de elasticidad; con respecto al Disilicato de Litio, el mismo autor describe que éste material soporto una fuerza de 400N con una carga minina de 282,6mpa. Los resultados anteriores pueden ser comparados con los datos de este estudio, ya que se observó que el Disilicato de Litio soportó mayor fuerza comparado con los demás elementos, sin embargo fue el que menos carga soportó, contrario a la alúmina que si soportó mayor carga y siendo el menos resistente, sin diferencias estadísticamente significativas. Por lo tanto, se podría considerar que al usar un material con mayor modulo elástico como la Alúmina, la cerámica resiste valores de carga superiores por el aumento del área al existir una deformación, que aquellos materiales con menor modulo elástico, como lo fue el caso del Disilicato de Litio.

Sin embargo, hay autores como Koushiar (2010)⁹ quien menciona que los sistemas cerámicos de zirconio presentan mayor resistencia a la flexión y es el doble de resistente en comparación a la alúmina ya que ésta última es rígida y al mismo tiempo es mas frágil soportando menos fuerza antes de deformarse; siendo este último caso un dato coincidente con los resultados de este estudio, ya que la Alúmina si soporto menos fuerza en comparación al Zirconio.

Con respecto a la falla, López Saavedra y cols (2013)¹⁰ observaron en su estudio que el material cerámico basado en oxido de alúmina presento una falla adhesiva luego de aplicar

una fuerza específica en mpa, concluyendo que este tipo de sistema cerámico es el menos resistente a las fuerzas de cizallamiento; datos que coinciden con los resultados de este estudio, ya que los cilindros elaborados con base en óxido de alúmina, resistieron menos fuerza antes de provocar algún tipo de falla, específicamente de tipo adhesivo. Es también importante resaltar que el anterior autor, no solo comparó diferentes sistemas cerámicos, sino, además comprobó que a mayor espesor en la capa de óxido de alúmina hay menor resistencia para mantenerse adherido, recomendando una capa mínima de este tipo de componente.

Carreño Lozano (2012)¹¹ no encontró diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la resistencia al cizallamiento entre los tres sistemas cerámicos analizados, sin embargo en este estudio, si se encontraron diferencias significativas, con respecto a la fuerza aplicada para producir alguna falla y el tipo de material. Vega del Barrio (2005)¹ encontró valores medios más altos, frente a cargas de cizallamiento, para los sistemas cerámicos estudiados, frente a todos los grupos ceramo-metálicos, autor que coincide con Haselton, Diaz y Dunne (2001)¹² quienes concluyeron que los sistemas totalmente cerámicos tienen más fortalezas o soportan más niveles de carga que los sistemas que se presentan en metal base.

Cumhur y Mutlu (2012)⁷ mencionan que aunque los sistemas cerámicos son resistentes a la compresión y las fuerzas de tracción, estos muestran una menor resistencia a la cizalla y a las fuerzas oblicuas; por lo tanto en su estudio encontraron mayores valores de resistencia en el grupo de metal-cerámica, hallando en ellos fallas dentro de la cerámica, indicando que la adhesión entre el metal-cerámica supera la fuerza de cohesión de la cerámica; atribuyéndolo al grosor de la capa de óxido que se produce durante la cocción.

Con respecto a la presencia y al tipo de falla, inicialmente Ihab y Cols en 1987⁹ observaron en su estudio que el grupo metal-base presentó una falla cohesiva, bajo fuerzas de tracción, atribuyendo este fenómeno a las altas temperaturas, fortaleciendo la adhesión, con diferencias estadísticamente significativas. Contrario a este estudio, donde se halló una falla adhesiva en el grupo metal base, resultados que coinciden con los datos de Iida y Cols en 2004⁴, y Cumhur en 2012⁷, donde se encontró menor resistencia a la unión en el metal base especialmente cuando se aumentaba la temperatura, evidenciando una falla de tipo adhesiva sin diferencias significativas.

Conclusiones.

Este estudio evaluó la resistencia a fuerzas de cizallamiento de tres sistemas cerámicos: Dióxido de zirconio, óxido de aluminio, Disilicato de litio y un sistema metal-cerámico como grupo control; Dentro de las limitaciones de este estudio, se puede enunciar las siguientes conclusiones: En términos de resistencia a cargas de cizallamiento de los diferentes sistemas cerámicos, incluyendo el grupo control que corresponde a un sistema

metal-cerámico, quien presentó valores más altos, soportando mayor fuerza, fue el grupo de Disilicato de litio, sin embargo presentó menor compresión o carga, debido a su rigidez y su bajo modulo elástico.

El sistema cerámico de Oxido de Aluminio fue quien presentó los mayores valores de resistencia frente a la cargas de cizallamiento, bajo una mínima fuerza, comparado con los demás sistemas cerámicos incluyendo el grupo control; lo que indica que con poca fuerza ejercida, este material presentó una deformación por su elasticidad, recibiendo mayor cantidad de carga. Esto no indica que su uso clínico este contraindicado ya que este estudio solo compara valores, sin embargo si es importante tener en cuenta las propiedades físicas del material para su uso. El sistema cerámico de Disilicato de Litio, junto con el sistema de Zirconio presentaron valores más altos de resistencia a cargas de cizallamiento que el sistema metal-cerámico.

El sistema cerámico de Disilicato de litio presento una falla cohesiva entre la cerámica y el sustrato, siendo el único material con este tipo de falla; los demás sistemas cerámicos incluso el grupo control metal-base, presentaron fallas de tipo adhesivo.

Referencias.

1. Vega del Barrio JM. Resistencia al cizallamiento de un sistema totalmente cerámico frente a siete sistemas ceramo-metálicos: estudio comparativo. RCOE 2005;10(5-6):529-539.
2. Kia C.D. Koushyar Partida J. Consideraciones de los materiales disponibles en América Latina para la fabricación de coronas cerámicas libres de metal. Revisión Bibliográfica. Med oral, abril- junio 2010 vol XII , , N° 2 , Pág. 67-81
3. Al-Dohan H.M., Razzoog M. E., Yaman P, Dennison J. B., Lang B.R., Shear strength of core-veneer interface in bi-layered ceramics. The Journal of Prosthetic Dentistry, Volumen 91 Numero 4, pag 349 – 355.
4. Ilda R. B, Marco A B, Evaluation of shear bond strength at the interface of two porcelains and pure titanium injected into the casting mold at three different temperatures. The Journal of Prosthetic Dentistry, 2004;91:541-7.
5. Motoaki I, Ariel J. R, Brian D. F, Kwok-Hung C., Charles S, Robert R. W, Shear bond strengths of pressed and layered veneering ceramics to high noble alloy and zirconia cores. The Journal of Prosthetic Dentistry. 2011;105:29-37
6. Caparoso C. Duque JA. CAD-CAM Restorations System And Ceramics: A Review. Rev Fac Odontol Univ Antioq 2010; 22(1): 88-108.
7. International Organization For Standardization. ISO 6872:2008-09. Dentistry - Ceramic Materials. Material disponible en URL: [Http://Www.Beuth.De/Cmd%3Bjsessionid=R9KCDE1DRMVVTB2U4BDXLORJ.1?Workflowname=Infoinstantdownload&Docname=1474993&Contextid=Beuth&Servicerefname=Beuth&Ixos=Toc](http://www.beuth.de/cmd%3Bjsessionid=R9KCDE1DRMVVTB2U4BDXLORJ.1?Workflowname=Infoinstantdownload&Docname=1474993&Contextid=Beuth&Servicerefname=Beuth&Ixos=Toc) (Citado Noviembre De 2014)

8. Pineda ÉA, Escobar JC, Latorre F, Villarraga JA. Comparison of the resistance of three ceramic systems in anterior fixed prosthetic segments. A finite element analysis. Rev Fac Odontol Univ Antioq 2013; 25(1): 44-75.
9. Koushiar Partida CD. Consideraciones de los materiales disponibles en América Latina para la fabricación de coronas cerámicas libres de metal. Revisión bibliográfica. Med Oral 2010;12(2):67-81
10. López Saavedra DA, Márquez García LF, Saavedra Gómez MC. Comparación de adhesión y tipo de falla en una aleación no noble. Revista Nacional de Odontología. 2013; 9(16): 35-41.
11. Carreño Lozano M. Resistencia Al Cizallamiento De Tres Sistemas Totalmente Cerámicos: Estudio Comparativo. Trabajo de Investigación para la obtención del Título del Master en Ciencias Odontológicas. Universidad Complutense de Madrid. 2012. Material disponible URL http://eprints.ucm.es/18010/1/1._DEA_.pdf
12. Haselton D, Diaz-Arnold AM, Dunne JT Jr. Shear bond strengths of 2 intraoral porcelain repair systems to porcelain or metal substrates. J Prosthet Dent. 2001 Nov;86(5):526-31.

Tabla 1: Distribución de fuerza/carga por tipo de material.

| | IC (95%) | Fuerza (N) | \bar{X} | P | IC (95%) | Carga (mpa) | \bar{X} | P |
|-----------------------------|-----------------|---------------|-----------|------------------|----------------|---------------|-----------|-------|
| Tipo de material. | | | | 0,01* 0,001** | | | | 0,13* |
| Metal-Base | 549,7 – 794,6 | 672,2±261,6 | | | 10,94-15,80 | 13,37±5,1 | | |
| Oxido de Aluminio | 315,07 – 435,8 | 375,4±129,04 | | | 387,60-2054,48 | 833,44±2608,9 | | |
| Zirconio | 866,2 – 1101,5 | 983,8±244,06 | | | 17,23-21,91 | 19,57±4,85 | | |
| Disilicato de Litio. | 1667,2 – 2139,3 | 1903,2±504,37 | | | 33,16-42,56 | 37,86±10,03 | | |

**Pos Hoc Bonferroni *Anova. IC(Intervalo de confianza) \bar{X} = media.

Figura 1. Aplicación de fuerza (mpa) según el tipo de material.

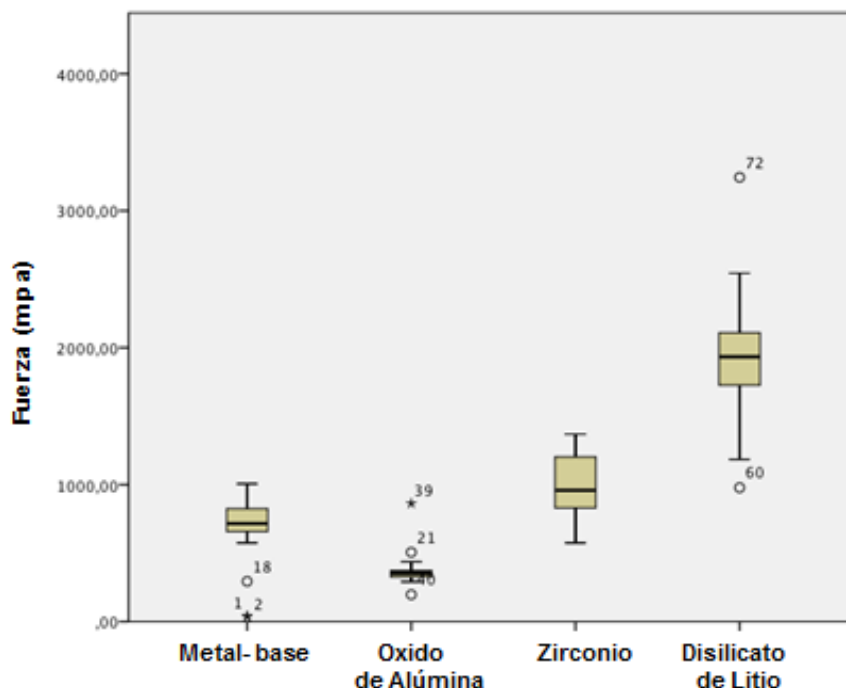


Figura 2. Falla presente, según la fuerza aplicada.

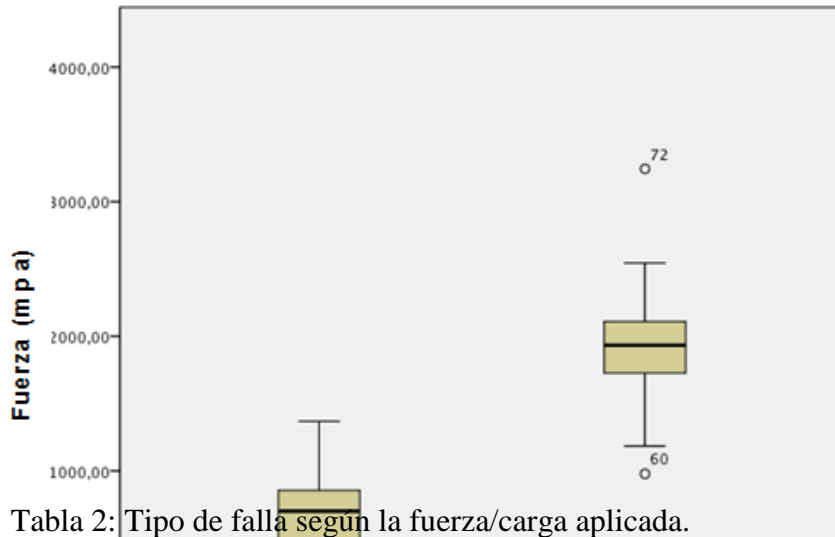


Tabla 2: Tipo de falla según la fuerza/carga aplicada.

| | Fuerza (N) | \bar{X} | P | Carga (mpa) | P |
|-----------------------|------------------------|-----------|---|-----------------------|---|
| | IC=35,25 – 3243,75 | | | IC=0,74-10071 | |
| Tipo de falla. | Falla Adhesiva. | | | Falla Cohesiva | |
| Adhesiva | 671,99±329,46 | | | 293,36±1543,37 | |
| Cohesiva | 1903,26±504,37 | | | 37,86±10,03 | |

IC= Intervalo de Confianza \bar{X} = media *Kruskal Wallis

Tabla 3: tipo de falla según el tipo de material.

| Tipo de material | Falla adhesiva | Falla cohesiva. |
|-----------------------------|----------------|-----------------|
| Metal-base | 20(100) | ----- |
| Oxido de Alumina | 20(100) | ----- |
| Zirconio | 19(100) | ----- |
| Disilicato de Litio. | ----- | 20(100) |