

Características de los materiales cerámicos empleados en la práctica odontológica actual.

Characteristics of ceramic materials currently used in dentistry practice.

Dr. en C. Alfredo Nevárez Rascón.

Profesor Investigador Titular C
Departamento de Estomatología.
Instituto de Ciencias Biomédicas
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez UACJ

Dr. en C. Martina M Nevárez Rascón.

Profesora Investigadora Tiempo Completo.
Secretaría de Investigación.
Facultad de Odontología.
Universidad Autónoma de Chihuahua.

Dr. en C. Ronell E. Bologna Molina.

Profesor Investigador Tiempo Completo.
Departamento de Investigación.
Facultad de Odontología.
Universidad Juárez del Estado de Durango.

Dr. en C. Eduardo Serena Gómez.

Profesor Investigador Tiempo Completo.
Facultad de Odontología.
Universidad Juárez del Estado de Durango.

M en C. Ramón G. Carreón Burciaga.

Profesor Investigador Tiempo Completo.
Departamento de Posgrado.
Facultad de Odontología.
Universidad Juárez del Estado de Durango.

M en C. Marcelo Gómez Palacio Gastélum.

Profesor Investigador.
Departamento de Posgrado.
Facultad de Odontología.
Universidad Juárez del Estado de Durango.

Dr. en C. Nelly Molina Frechero.

Profesora Investigadora Tiempo Completo.
Departamento de Atención a la Salud.
Universidad Autónoma Metropolitana. Xochimilco

CD. Rogelio González González.

Profesor Investigador- Huésped.
Facultad de Odontología.
Universidad Juárez del Estado de Durango.

Recibido: Noviembre de 2011.

Aceptado para publicación: Febrero de 2012

Resumen.

El presente estudio incluye una reseña, así como una clasificación general de los principales materiales cerámicos empleados en la odontología actual.

Con el objetivo de revelar algunas de las características estructurales de los materiales cerámicos, se muestran micrografías tomadas por Microscopio Electrónico de Barrido (MEB) a diferentes magnificaciones, de polvos y de los cerámicos sinterizados, así mismo se compararon algunas de las propiedades de los cerámicos respecto a otros materiales restaurativos; también se han descrito los principales análisis que caracterizan las propiedades de estos materiales.

Los cerámicos de óxidos manifiestan microestructuras homogéneas de acuerdo con la literatura, así como propiedades adecuadas para su uso como materiales de restauración confiables. Resulta pertinente considerar a los ionómeros de vidrio y a los cerómeros como cerámicos híbridos por la alta concentración de polvos cerámicos en sus fórmulas.

Discusión. La evolución de los materiales cerámicos avanza dinámicamente y el futuro de los mismos como materiales de uso estomatológico va en dirección de la sustitución de los materiales metálicos y hacia una mayor hibridación con materiales poliméricos.

Palabras clave: Cerámicos. Vítreocerámicos, alúmina, zirconia, microestructura

Abstract

The following study includes a brief outline and general classification of the main ceramic materials employed in current dentistry.

With the aim of drawing attention to some of the structural characteristics of these ceramic materials, images obtained using Scanning Electron Microscope (SEM) imaging at different magnifications revealed details of dust and sintered ceramic structures. Similarly, a number of the properties of the ceramic materials were compared against those of other restorative materials. The main tests performed to characterize the properties of the ceramics are also described.

According to the literature, oxide-based ceramics display homogeneous microstructures and the properties needed to ensure the level of reliability required of materials used in dental restoration. Glass ionomer materials and ceromer composites, meanwhile, can rightly be regarded as hybrid ceramic material because of the high concentration of ceramic components in their formulas.

Discussion. The evolution of ceramic materials is progressing rapidly and their future in stomatology points towards their serving as replacements for metallic materials and to greater hybridization with polymeric materials. The evolution of the ceramic materials advances dynamically and the future of these materials as stomatology materials goes in direction of the replacement of metallic materials and towards more hybridization with polymeric materials.

Keywords: **ceramic.** *vitroceramics, alumina, zirconia, microstructure.*

Introducción.

Biomateriales avanzados son requeridos para satisfacer las necesidades funcionales y estéticas de la odontológica moderna; en los últimos 10 años la práctica odontológica se ha renovado con materiales sustitutivos de la amalgama y de diferentes tipos de aleaciones metálicas, por lo que una gran variedad de materiales multifuncionales han surgido. Los materiales rehabilitatorios utilizados actualmente en la odontología pueden agruparse en tres categorías principales para su estudio: Metales, polímeros, cerámicos y una cuarta categoría para los materiales híbridos derivados de la combinación de dos o más de los anteriores.

I. Metales. Se utilizan principalmente en aleaciones con la finalidad de proporcionar a la restauración alta resistencia a la corrosión y al deslustrado ante el ambiente bucal, sin embargo estas aleaciones manifiestan gran conductividad eléctrica y térmica.

II. Polímeros. Se definen como compuestos que constan de grandes moléculas orgánicas formadas por la unión de muchas unidades que se repiten. Estos monómeros manifiestan la cualidad de reaccionar mediante una reacción intermolecular repetida funcionalmente de manera indefinida, formando cadenas de mayor peso molecular. Los polímeros más utilizados en la odontología restaurativa actual son las resinas compuestas también llamadas composites, derivados de metacrilatos, dimetacrilatos o de resinas multifuncionales, estas pueden estar constituidos por la mezcla comonomérica de resina de Bowen (Bis-GMA) con Trietilglicol-dimetacrilato (TEGDGMA) o al Uretano-dimetacrilato (UDMA). De acuerdo al tamaño y distribución de las partículas de relleno en la matriz inorgánica se clasifican como de relleno convencional (8-12mm), de microrrelleno (4-40mm) y de partículas híbridas o combinadas, además de una nueva generación de resinas de nanorrelleno con partículas de relleno de tamaño de submicra.^{1,2}

III. Cerámicos. La definición más cercana al concepto cerámica, puede relacionarse con el término griego Keramos, "Arcilla quemada". Los primeras manipulaciones de arcillas para producir cerámica datan

del año 23,000 A.C y hace 3,000 años se registran en la historia piezas de porcelana más dura; hacia el año 1717 el bioquímico francés Alex Duchateau, observando el material de los recipientes utilizados en su laboratorio farmacéutico, se confeccionó a sí mismo un puente removible hecho de porcelana. A principios del siglo XIX, el dentista italiano G. Fonzi publicó el primer método para producir dientes unitarios cerámicos unidos a pernos metálicos y a mediados del mismo siglo, el laboratorista E. Maynard elaboró las primeras coronas de recubrimiento parcial con porcelana, siendo hasta 1884 que se desarrolló el primer horno para porcelana de uso dental. Para 1886, se presentó el primer sistema de cocción de porcelana sobre hoja de platino para la confección de coronas estéticas y fue a principios del siglo XX que se elaboraron las primeras coronas metal porcelana de cocción por capas para un paciente.³ En 1930 se confeccionaron los primeros sistemas vitrocerámicos de reconstrucción dental por el método de la cera perdida y el vaciado de una matriz vítreas. Durante la posguerra de los años 50's se desarrollaron los sistemas de porcelana fundida sobre metal de alta fusión. En 1958 Vines y colaboradores desarrollaron un sistema de procesado de porcelanas al vacío, eliminando así las burbujas en el material, mientras que Mc Lean en 1965, presentó el sistema de coronas llamadas de cerámica pura a base de un núcleo de óxido de aluminio al 50% cubierto por porcelanas feldespáticas.⁴ En la Universidad de Nueva York se desarrollaron las primeras carillas de porcelana pura cementadas por técnica adhesiva hasta 1982 y en 1983 Cerestonenace como el primer sistema cerámico considerado de alta resistencia útil en áreas posteriores, aunque ya en 1980 Mormann y Brandestini habrían desarrollado el sistema C E R E C (CeramicReconstruction), reportado sus resultados clínicos hasta 1985. Para 1986 en Zúrich, W Mormannse independizó y presentó su propio sistema CEREC mejorado, aunque se sabe que ya en 1983 François Duret habría publicado el método de producción para prótesis dentales de porcelana pura, bajo la patente 0110797A11983, pero fue hasta 1986 que publicaría su artículo titulado: ComputerizedDentistry, el cual describió a detalle el sistema de diseño y manufactura asistidos por computadora denominado CAD/ CAM,

por sus siglas en inglés.⁵ En 1996 Weigh daría a conocer un sistema innovador llamado IPS Empress de cerámica pura y para 1998 reveló el sistema IPS para cerámica prensada, siendo en el año 2001 cuando salió al mercado como CEREC In Laby en ese mismo año se instituyó la Escuela de Atenas, la cual propone la reconstrucción estética basada en coronas de cerámica pura, finalmente en el año 2002 se da a conocer la cerámica modificada por estratificación con Apatita de flúor reforzada por Leucita, disilicato de Aluminio y óxido de Zirconia, al mismo tiempo que en Europa se develaron los sistemas denominados: Eris for E2, así como Cercon-Ceram, los cuales se basan en armazones de óxido de Zirconia cubiertos por capas de porcelana. Desde entonces a la fecha los sistemas cerámicos siguen evolucionando.⁶ Los cerámicos de actual uso en la odontología rehabilitadora, pueden ser clasificados en función de su temperatura de preparación (sinterización), su composición química y su técnica de confección (Tabla 1)

Cerámicos	Niveles de temperatura de sinterización
Vitrocerámicos. Cerámicos de matriz de sílice (SiO_2)	Temperatura baja y media, desde bajo 800 °C, 850 °C hasta 1,000 °C
Cerámicos de óxidos de alta resistencia. Cerámicos de matriz de alúmina (Al_2O_3) o zirconia (ZrO_2) u otras arcillas	Temperatura alta, de 1,000. °C hasta 1,600 °C
Cerámicos combinados con otros compuestos. Materiales cerámico-polímeros.	Compuestos que no requieren de sinterización

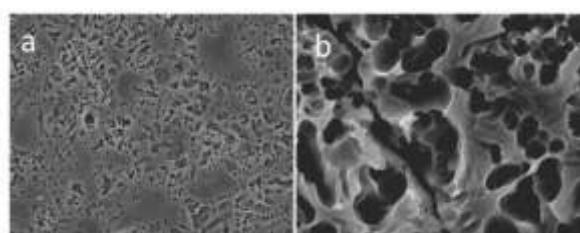
Tabla 1. Clasificación de los materiales cerámicos de acuerdo a su composición y a su temperatura de sinterización.

Vitrocerámicos. Los cerámicos de silicatos o vitrocerámicos son preparados a base de cristales de sílice cuyo componente principal es el óxido de sílice (SiO_2), que puede contener pequeñas cantidades adicionales de alúmina, magnesia y zirconia cristalinos, u otros óxidos dopantes. Estos compuestos contienen una base cristalina obtenida por enucleación y crecimiento de cristales en la fase matriz de vidrio; de acuerdo a su proceso de fabricación, existen en el mercado 3 tipos generales de vitrocerámicos. (Tabla 2.)

Vitrocerámicos	Procesos de confección
Vitrocerámicos feldespáticos (sílice en fase vítreo y caolín) (porcelanas)	Sintetizados por condensación en capas sobre coñas metálicas a temperaturas bajas (800-1000 °C) (Biodent, Noritake, Fortune, etc)
Vitrocerámicos inyectados y colados	Procesados por método de vaciado y colado por sustitución de la cera perdida (Empress, Dicor, In Ceram Spinell).
Vitrocerámicos torneables en bloque	Procesados en bloques presinterizados, fresables por CAD/CAM (Procera, Cerec, MGC, Duret, Denticaid, CELAY, IPS e CAD, etc).

Tabla 2 Clasificación de los vitrocerámicos.

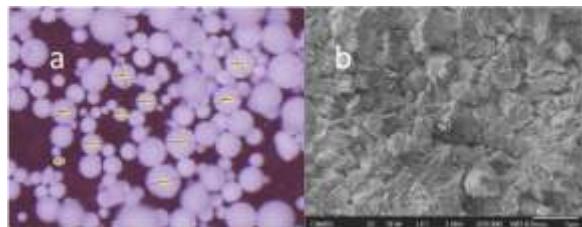
Fuente: Fuente Álvarez-Fernández, M^a Ángeles
Características generales y propiedades de las cerámicas sin metal
RCOE v.8 n.5 Madrid set.-oct. 2003



Fotografía 1 a) Superficie de vitrocerámico atacado por ácido hidrofluorhídrico, b) acercamiento a una grieta.

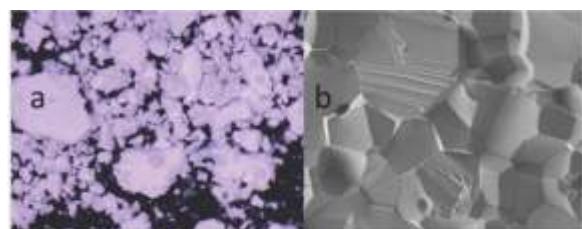
Cerámicos de zirconia. La zirconia, nombre correcto que se da al óxido circonio, el cual juega actualmente un papel importante dentro de la odontología protésica rehabilitadora, aunque en la zirconia pura (ZrO_2) se pueden presentar grietas durante el proceso de horneado (sinterizado) a causa de la transformación en sus fases cristalográficas de tetragonales a monoclinicas. Se ha descubierto que este fenómeno se puede contrarrestar, añadiéndosele alguno de los siguientes óxidos al compuesto: Magnesia (MgO), Itria (Y_2O_3), Ceria (Ce_2O_3) u otros dopantes, convirtiendo a la zirconia pura en ZrO_2 estabilizada. La zirconia estabilizada con Itria es un

material de reciente utilización en la odontología para la fabricación de estructuras que sustituyen al metal y pueden ser cubiertas por otros cerámicos o vitrocerámicos como el Procera Crown Zirconia. (Fotografía 2 a y b)



Fotografía 2a) Polvo de zirconia estabilizada con itria TZ-3Y de un tamaño promedio de partículas de polvo de 870 nm.
b) mismo cerámico sinterizado y fracturado para su estudio al microscopio SEM.

Cerámicos de alúmina. Existen en el mercado diferentes cerámicas cuyo componente principal lo constituye el óxido de aluminio, denominado correctamente como alúmina. Algunos de estos cerámicos son: La espinela ($MgO \cdot Al_2O_4$), la mullita ($3Al_2O_3 \cdot 2ZrO_2$) o el titanio de alúmina ($Al_2O_3 \cdot TiO_2$), ($Al_2O_3 \cdot TiO_5$). La espinela en particular es utilizada como una porcelana infiltrada con vidrio cuando se requiere gran translucidez en comparación con la alúmina infiltrada con vidrio y zirconia. (Fotografía 3 a y 3 b).



Fotografía 3. a) Polvo de alúmina adicionada con magnesia $Al_2O_3 + MgO$.
b) Mismo cerámico sinterizado y fracturado para su estudio al microscopio SEM.

Cerámicos empleados para el procesado por sistema CAD/CAM. CAD/CAM significa por sus siglas en inglés Diseño Asistido por Computadora y Manufactura Asistida por Computadora, los cerámicos a utilizar para este sistema se encuentran en el mercado en forma de núcleos presinterizados o sinterizados; la cerámica es desbastada durante su manufactura con discos o fresas de diamante u otros instrumentos cortantes, hasta llegar a las dimensiones de la imagen diseñada virtualmente mediante registro por barrido digital (escáner). Empleando discos o fresas de diamante se desgastan los bloques refrigerados por líquidos cuyos movimientos son dirigidos por coordenadas, a través de sistemas informáticos CAD. Mediante este sistema es posible confeccionar coronas de recubrimiento total y parcial

tipo onlay, inlay y carillas estéticas. Las ventajas del sistema CAD-CAM se relacionan al uso de materiales cerámicos menos porosos respecto de los convencionales, impresiones virtuales más precisas, y tiempos terapéuticos más cortos, mientras que sus principales desventajas se relacionan con la necesidad de equipos costosos, sofisticados y una técnica de alta sensibilidad requerida. Existen en el mercado actual más de 14 variedades de materiales cerámicos procesables por sistema CAD-CAM. Para restauraciones en sectores anteriores estéticos se prefieren los compuestos silíceos de leucita en la confección de carillas, debido a su translucidez (transmitancia de luz), por otra parte los cerámicos con matrices de cerámicos óxidos son recomendados como núcleos de cofias y puentes para restauraciones en sectores oclusales, donde es requerida una alta resistencia a la fractura y una menor abrasividad hacia piezas antagonistas naturales. Los cerámicos con matriz de óxido aluminio u óxido de circonio estabilizado con Itria, son utilizados para la elaboración de estructuras de soporte en la confección de coronas o puentes mediante técnicas para la confección de coronas unitarias de zirconia que requieren del fresado de bloques de zirconia presintetizada, para estos bloques el fresado se realiza bajo un patrón del 20% de mayor tamaño al requerido para compensar así la contracción experimentada por el material durante la segunda sinterización, las temperaturas y tiempo de sinterizado varían desde los 1350° C durante 6 horas hasta los 1500° C durante 2 horas para la obtención de una contracción uniforme y lineal en tres dimensiones del espacio. Finalmente los bloques de zirconia requieren un segundo proceso de fresado fino y controlado. Una vez confeccionadas, las cofias de zirconia reciben dos capas de recubrimiento de porcelana, una de caracterización cromática y última capa transparente; este proceso es conocido como proceso de estratificación.⁷

Materiales cerámicos combinados con otros compuestos. Los polvos cerámicos pueden añadirse a otros materiales para estructurar su matriz inorgánica de relleno y otorgarles densidad y cualidades mecánicas, cuando la matriz de relleno cerámica supera el 70% del porcentaje en peso de los materiales compuestos, entonces estos materiales pueden ser considerados como cerómeros, conformando así un grupo de materiales híbridos por sus fórmulas constitutivas. Ejemplo de dichos materiales son las resinas compuestas de alta carga inorgánica; aplicando este criterio también los ionómeros de vidrio pueden ser considerados como materiales híbridos cerámico-poliméricos.

Cerómeros. Materiales de un alto contenido de relleno inorgánico (>75%) con micropartículas de cerámica y con un relleno intersticial en su matriz. Una estructura homogénea y tridimensional le confiere un aspecto vital al material restaurador. La fase cerámica (inorgánica) del material aporta las cualidades de resistencia a la abrasión y mayor estabilidad, los cerámicos que constituyen matrices inorgánicas de las resinas compuestas pueden

ser los siguientes compuestos: Boro-aluminio-silicatos, sílice-zirconia, así como hormoceras, entre otros, siendo la fase de resina (orgánica) del material la que determina la cohesión del mismo, así como su capacidad de pulido.⁸

Ionómeros de vidrio. Los ionómeros de vidrio pueden ser considerados como materiales híbridos cerámico-polímeros puesto que en su fórmula contiene diferentes porcentajes en peso de los compuestos cerámicos fluoroaluminosilicatos cárnicos (SiO_2 , AlO_2 , AlF_3 , CaF_2 , NaF , AlPO_4) que se mezclan con diferentes ácidos dependiendo de la casa fabricante. Los líquidos más empleados en la mezcla de los ionómeros de vidrio son: El homopolímero de ácido poliacrílico y los copolímeros de éste ácido como el ácido itacónico, el ácido malélico y el ácido metacrílico. Los ionómeros de vidrio se emplean como: Materiales cementantes (tipo I), como restauraciones temporales (tipo II) y como bases cavitarias (tipo III).⁹

Cerámicos de hidroxiapatita poliuretano. Se emplean en la biomedicina como materiales de regeneración ósea debido a las propiedades bioactivas que manifiesta la hidroxiapatita porosa bio-reabsorbible.

Clasificación de las fallas de los materiales cerámicos respecto a otros materiales restaurativos.

En restauraciones relativamente pequeñas la resina compuesta resulta un material de primera elección, mientras que para restauraciones amplias las coronas de recubrimiento parcial y total de cerámica se utilizan cada vez con mayor frecuencia; surgen entonces dos importantes cuestionamientos al respecto de estos materiales, su resistencia y expectativa de vida útil. Diferentes trabajos de investigación han estudiado las diferencias cualitativas entre estos materiales, encontrando que los principales problemas clínicos observados en estos son desencadenados por su degradación estructural asociada al tiempo, a las fuerzas biomecánicas y al ataque hidroquímico. Todo lo anterior provoca en los materiales fallo, fracturas, desgaste, así como espaciamiento en zonas de interface. Las principales causas de fracaso reportadas en las restauraciones, se clasifican como funcionales, biológicas y estéticas. Por otro lado el grado de longevidad de las restauraciones se relaciona directamente a la interacción armoniosa entre los factores: material, operador y paciente. Hickel en 2008, analizó las principales causas de falla observadas en diferentes materiales rehabilitatorios, encontrando que los materiales cerámicos manifestaron: Fractura del material en el 50.7% de las muestras analizadas y desprendimiento de la restauración en el 17.2%. Las resinas compuestas manifestaron fractura del material en un 23.8%, caries secundaria para el 20.7% y desprendimiento de la restauración en un 17.2%. Por su parte las amalgamas presentaron fractura de la pieza dental receptora en un 28%, caries secundaria en el 20.9% y fractura del material en el 15% de las muestras estudiadas. De acuerdo a sus valores de elasticidad, el composite de resina es el material que mayor resiliencia ofrece y la cerámica aluminosa

resulta el de menor resiliencia. Los materiales de resina compuesta que muestran una resistencia a la flexión menor a 80-10MPa resultan susceptibles a fracturas. Investigaciones recientes procuran el desarrollo de resinas compuestas y cerámicos altamente estéticos de apariencia natural, longevos, biocompatibles y de altos coeficientes de resistencia.¹⁰

Existen diferentes tipos de análisis para caracterizar las propiedades físico-mecánicas y estructurales en los materiales,^{11,12} en los materiales cerámicos de uso odontológico estas pruebas pueden realizarse en laboratorios de microscopía, de difracción de rayos X y en laboratorios de pruebas mecánicas. (Tabla 3).

Tipo de análisis	Análisis	Equipo requerido
Análisis estructural	Análisis de microestructura	Microscopio Electrónico de Barrido
Análisis estructural	Estimación de la densidad	Picnómetro de Helio
Análisis estructural	Análisis de granulometría	Microscopio Electrónico de Barrido
Pruebas mecánicas	Análisis de Microdureza Vicker	Microdurómetro Digital
Pruebas mecánicas	Análisis de tenacidad a la fractura	Microdurómetro Digital, MEB
Pruebas mecánicas	Análisis de resistencia a la flexión	Máquina universal ISTRON
Pruebas mecánicas	Análisis de transmisión de luz	Radiómetro Digital
Análisis estructural	Análisis cristalográfico	Difractómetro de Rayos X

Tabla 3 Análisis para determinar las propiedades físico-mecánicas-estructurales de los materiales cerámicos.

Análisis de microestructura en cerámicos. Los procesos en la preparación de cerámicos influyen importantemente en sus cualidades. Para observar detalles en sus estructuras se realizan análisis de microestructura, análisis de compuestos constituyentes, distribución y tamaño de granos de los compuestos y tamaños de partículas. Para preparar la muestra cerámica a ser analizada es necesario atacar su superficie; dicho ataque puede ser químico (ácido hidrofluorhídrico al 5%) (Figura 1) o ataque térmico, por otra parte el análisis cuantitativo de los granos en un cerámico revela datos importantes como su homogeneidad, distribución y tamaños promedio de grano.¹³

Análisis de microdureza a cerámicos. Microdureza. Se define como la resistencia que oponen los cuerpos a la deformación plástica ante la indentación, capacidad del material de resistir a la penetración de la punta indentadora de diamante piramidal Vicker, medida con un microdurómetro digital y expresada en unidades Vickers, Pascales o GigaPascales.

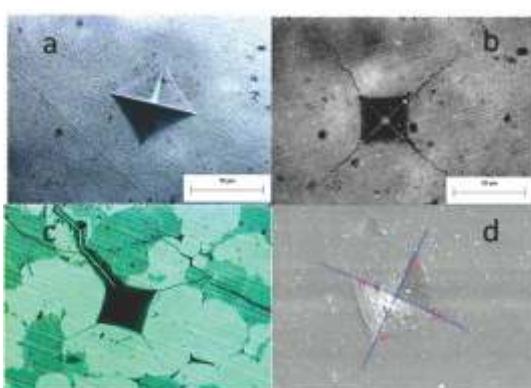
Análisis de tenacidad a la fractura en cerámicos. El análisis de tenacidad a la fractura por cálculo de valores de Factor crítico de intensidad tensional (KIC); Valor

estimado utilizando el método de indentación normalizado SEPB (ASTM estándar C1161) de un material cerámico, utilizando el método de indentación normalizado SEPB (ASTM estándar C1161, Q. 1992),¹⁴ este análisis resulta útil para determinar el grado de resistencia al agrietamiento de un material cerámico ante cargas aplicadas, y muestra la capacidad del material a soportar estrés compresivo. En el caso específico de los cerámicos empleados para zonas masticatorias posteriores, es posible mediante este análisis, predecir su comportamiento y tiempo de vida probable. El valor mínimo necesario de resistencia a la fractura para una cerámica dental es de $K_{IC} = 2.0$ que se expresa como $2.0 \text{ MPa m}^{1/2}$ (Megapascales por raíz de metro a la media).^{15,16}

Ánalisis de resistencia a la flexión en cerámicos. El análisis de resistencia a la flexión es útil para determinar las cargas que soporta un material antes de fracturarse, así como la capacidad de flexionarse previa a presentar fallas estructurales o colapso. Existen diferentes métodos de análisis de flexión, como el de análisis de resistencia a la flexión en máquina Itron, basada en metodología descrita por el método estándar para pruebas de resistencia a la flexión de cerámicos avanzados a temperatura ambiente ASTM C 1161-c; para definir el comportamiento elástico de un material según la dirección en la que se aplica una fuerza.¹⁷

Ánalisis de trasmisibilidad de luz en cerámicos. Este análisis de transmisión de luz se realiza para definir el porcentaje de luz emitida por una fuente de luz halógena que pasa a través del cuerpo de un cerámico; esta cualidad se relaciona directamente con las propiedades estéticas de los materiales restauradores de aplicaciones en zonas anteriores, también puede realizarse a muestras de resinas compuestas de diferentes tonalidades.¹⁸

Ánalisis de cristalográfico a cerámicos por difracción de rayos x. El estudio por difractogramas ayuda a definir los elementos estructurales de un cerámico y a obtener información de las fases mediante la identificación, enlaces químicos y desorden entre otras aplicaciones. Se realiza colocando una muestra sobrepuerta a una platina, la cual es radiada por rayos X de dos emisores, los haces inciden en diferentes ángulos y un receptor detecta los espectros dominantes (Fotografía 4.a, 4.b, 4.c y 4.d).



Fotografía 4. Huellas de indentación en 4 diferentes cerámicos: a) zirconia, b) alúmina, c) zirconia-alúmina y d) en vitrocerámico de leucita.

En la Fotografía 4, es posible observar diferencias respecto a las huellas de indentación Vicker en tres diferentes materiales, las cuales indican el nivel de microdureza que manifiesta cada uno de ellos; entre mayor se marca la figura piramidal, menos duro resulta el material. Las grietas que emergen de los vértices indican la tenacidad ante la fractura que manifiesta un material, entre más se proponga la fractura, el material es menos tenaz; así pues la alúmina manifiesta mayor microdureza y menor tenacidad a la fractura respecto a la zirconia, mientras que el material más blando es el vitrocerámico de leucita.¹⁹

Discusión.

En el contexto de los materiales (metales, cerámicos y polímeros) disponibles para la odontología rehabilitadora actual, los materiales cerámicos se distinguen de los otros materiales por sus cualidades estéticas y sus propiedades mecánicas, como lo indican Benevides de Moraesy colaboradores,²⁰ pero cabe resaltar su punto débil como es su relativa fragilidad ante la fractura, lo cual deberá ser tomado en cuenta al momento de elegir el tipo de restauración en la práctica clínica.

Se han descrito en este estudio algunas de las características principales de los vitrocerámicos y los cerámicos de óxidos, siendo los segundos más resistentes respecto de los primeros por tanto indicados para sustituir a los metales en zonas posteriores. Algunas de las micrografías observadas como las de la zirconia, muestran estructuras compactas y homogéneas, pero resultan tan compactas que manifiestan problemas de adhesión con las resinas compuestas cementantes y en sus interfaces con otros cerámicos, la alúmina se distingue por su alta dureza manifiesta a través de huellas de indentación más pequeñas.²¹ Debido a esto se debe de tomar en cuenta el potencial desgaste que provocan hacia las piezas antagonistas naturales. Por otro lado, también las grietas emergentes de los vértices de las huellas de indentación en la alúmina se aprecian muy prolongadas, lo cual indica que la alúmina es un material relativamente frágil ante la fractura de acuerdo con otros autores;^{22, 23,24} esto advierte que no es conveniente confeccionar estructuras protésicas extensas de núcleos de alúmina puesto que pueden colapsar en su punto estructural más débil ante las fuerzas biomecánicas compresivas.

Los vitrocerámicos por su parte conforman estructuras más sensibles al grabado ácido, siendo los materiales cerámicos sinterizables más frágiles y menos densos, por lo que su uso es más indicado para zonas anteriores como carillas o recubriendo de estructuras soportadas en núcleos de cerámicos de óxidos o metálicos.

La evolución de los materiales cerámicos avanza dinámicamente y múltiples investigaciones lo evidencian,²⁵⁻³⁵ el futuro de los mismos como materiales de uso biomédico camina aceleradamente en dirección de la sustitución de los materiales metálicos y hacia su

hibridación con materiales poliméricos, por lo que la investigación en la ingeniería de estos materiales se está convirtiendo en un área cada vez más abordada por los estomatólogos.

Bibliografía.

1. Anusavice K.J. *Phillips Ciencia de los materiales dentales*. Madrid España. ElsevierScience. 11º Edición;2004. Páginas:143,144, 563-568.
2. Barrancos Mooney J.C. *Operatoria Dental*.Buenos Aires Argentina. Editorial Médica Panamericana.3ª edición; 1999. Páginas: 265-266, 663-665
3. Filiberto F. Fabricación de un primer tratamiento exigente,estético y funcional, según las directrices de la Escuela de Zúrich. *Quintessence* (edición en español)2003; 14 (7): 341-359
4. Witkowski S. El sistema Pro 50 CAD/CAM con centros de producción para la técnica de fresado, rectificado y colado. *Quintessence Técnica* (edición en español) 2003; 14 (2): 88-101
5. Kurbad A, Reichel K, Basler F. Coronas primarias de cerámica pura fabricadas por CAD/CAM Diseño innovador mediante un software CEREC in Lab para coronas dobles *Quintessence Técnica* (edición en español) 2003; 14 (7): 377-394
6. Hoffmann A. Fabricación de prótesis combinadas con el sistema CERCON *Quintessence Técnica* (edición en español) 2003; 14 (4): 219-229
7. Álvarez-Fernández MA, Peña-López JM, González-González IR, Olay-García MS. Características Generales y Propiedades de las Cerámicas Sin Metal RCOE 2003; 8(5): 525-546.
8. Zanghellini G. Fiber-reinforced framework and Ceromerrestorations : A technical review. *Signature*1997;4(1):1-5.
9. Maroto M. Cementos de vidrio ionómero: liberación de flúor. *Rev. Soc.Odontol. Plata* 2002; 15(29):17-22.
10. Hickel R. Trends in materials science from the point of view of a practicing dentist. *Journal of the European Ceramic Society*2009; 29 (7):1283-1289
11. Thompson J Y, Stoner B R, Piascik J R. Ceramics for restorative dentistry: Critical aspects for fracture and fatigue resistance. *Materials Science and Engineering* 2007; 27 (3): 565-569
12. Wang H, Moustafa N. Aboushelib, Feilzer A J. Strength influencing variables on CAD/CAM zirconia frameworks. *Dental materials* 2008; 24 (5): 633-638
13. Castrillón M, García C, Paucar C. Evaluación de la Influencia del Tamaño de Partícula y el Tiempo de Tratamiento Térmico Sobre las Características Físico-Mecánicas de un Compuesto de Alúmina Sinterizada Infiltrada con Vidrio de Lantano. *DYNA* 2007; 74 (152): 159-165.
14. Meza J, Chávez C, Estimación de la tenacidad a la fractura mediante el método de indentación. *DYNA*2003; 70 (139):53-58
15. Evans AG, Charles EA. Fracture toughness determinations by indentation. *J Am Ceram Soc.* 1976; 59:371-372
16. GuazzatoM,Albakry M, Ringer S P, Swain M V. Strength, fracture toughness and microstructure of a selection of all-ceramic materials. Part II. Zirconia-based dental ceramics. *Dental Materials* 2004; 20 (5): 449-456.
17. Norma: Standard Test Method for Flexural Strength of Advanced Ceramics at Ambient Temperatura. ASTM Internacional C1161 – 02c. Acceso permitido a:Centro de Investigación en Materiales Avanzados. 18 de abril de 2008. URL disponible en: <http://www.astm.org/Standards/C1161.htm>
18. Peixoto RT, Paulinelli VM, Sander HH,Lanza MD, Cury LA. Poletto LT. Light transmission through porcelain. *Dental Materials*.2007; 23 (11): 1363-1368
19. NevárezRascón A., Aguilar ElguezabalA., Bocanegra Bernal M H., Bologna Molina R., Molina Frechero N., Nevárez Rascón MM, Orrantia Borunda E. *Ánalisis de Materiales Cerámicos y Resinas Compuestas de Rehabilitación Dental. Una Introducción*.Chihuahua México. Editorial Difusión de Extensión y Difusión Cultural de la Universidad Autónoma de Chihuahua. UACH Textos UniversitariosPrimerá edición; 2010. Páginas: 47-52, 93-97.
20. Benavides de Morales M C, Elías C N, DuailibiFilho D, Gulmaraes de Oliveira L. MechanicalProperties of Alumina-ZirconiaCompositesforCeramicAbutments. *Materials Research* 2004; 7 (4): 643-649.
21. Fischer H, Weib R, Telle R. Crack Healing in alumina bioceramics. *Dental Materials* 2008; 24 (3):328-332
22. De Aza H, Chevalier J, Fantozzi G, Schehl M, Torrecillas R. Crack growth resistente of alumina, zirconia and zirconia toughened alumina ceramics for joint prostheses. *Biomaterials*2002; 23 (3): 937-945
23. Swain M V, Rose L R. Strength limitations of transformation-toughened zirconia alloys. *J Am Ceram Soc.* 1986; 69 (7):511-516.
24. Hannink R H, Nelly P M. Muddle B C, Transformation toughening in zirconia- containing ceramics. *J Am Ceram Soc.* 2000; 83(3): 462-487
25. Sunah A, Sjogren G. Fracture resistance of all ceramic zirconia bridges with differing phase stabilizers and quality of sintering. *Dental Materials*2006; 22 (8): 778-784
26. Celli A, Tucci A, Esposito L, Palmonari C. Fractal análisis in alumina-zirconiacomposites. *Journal of European Ceramic Society* 2003; 23 (3):469-479
27. Chevalier J, Olagnon C, Fantozzi G, Gros H. CeepBehaviour of Alumina, Ziarconia and Zirconia- Toughened Alumina . *Journal of European Ceramic Society* 1997;17 (6): 859-864.
28. Szutkowska M, Boniecki M. Subcritical crack growth in zirconia-toughened alumina (ZTA) ceramics. *Journal of Materials Processing Technology*2006; 175 (1-3):416-420
29. Piyapanna P, Ailbhe M, Aviva P. The biaxial flexural strength and fatigue property of Lava TM Y-TZP dental ceramic. *Dental Materials* 2007;23 (8): 1018-1029.
30. Daguano J K, Santos C, Souza C R. Properties of Zr O₂-Al₂ O₃ composite as a function of isothermal holding time. *International Journal of Refractory materials and hard materials* 2007; 25 (56):374-379.
31. Mills H, Blackburn S. Zirconia toughened by hidro-termal processing. *Journal of European Ceramic Society*2000; 20 (8): 1085-1090.
32. Oilo M, Gjerdet N R, Tvinnereim H M. The firing procedure influences properties of zirconia core ceramic: *Dental Materials*2008; 24 (4): 471-475.
33. DeHoff P H, Berrett A, Lee R B, Anusavice K J. Thermal compatibility of dental ceramic systems using cylindrical and spherical geometries. *Dental Materials* 2008; 24 (6): 744-752
34. Bartolomé J F, Pecharramán C, Moya J S, Martín A, Pastor J Y, Liorca J. Percolative mechanism of sliding wear in alumina/zirconia composites. *Journal of European Ceramic Society*2006; 26 (13):2619-2625
35. Calderón-Moreno J M, Arellano-López A, Domínguez-Rodríguez A, Routbort J L. Microestructure and Creep Properties of Alumina/Zirconia Ceramics. *Journal of European Ceramic Society*1995; 15 (10): 983-988

Correspondencia.

Dr. en C. Alfredo NevárezRascón.

Departamento de Estomatología.

Instituto de Ciencias Biomédicas

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez UACJ

Edificio G1 de Posgrados ICB cubículo G1 105c

Anillo envolvente PRONAF y Estocolmo s/n

C.P. 32310 Ciudad Juárez. Chihuahua. México

alfredonevarez@hotmail.com