



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO



**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

PROPIEDADES DEL GRAFENO EN LA ELABORACIÓN  
DE PRÓTESIS FIJA.

**T E S I N A**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**C I R U J A N A   D E N T I S T A**

P R E S E N T A:

ROSAURA PÉREZ LEÓN

TUTOR: Esp. ERNESTO URBINA VÁZQUEZ



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradezco a:

A la Universidad Nacional autónoma de México y a la Facultad de Odontología.

Al Esp. Ernesto Urbina Vázquez, profesor de la asignatura de Prótesis, por su apoyo en la elaboración de este trabajo.

A cada uno de los profesores que han tenido la disposición y vocación de compartir sus conocimientos de una manera inimaginable, han sido apoyo y guía en este camino, han sido de gran admiración en mi vida.

A mis padres que me apoyaron, me enseñaron a luchar para lograr lo que sólo con dedicación y esfuerzo se alcanza.

A mi familia y amigos por estar presente en todo momento.

Gracias a el equipo de GFDentalab &Supplies, por el apoyo y atención que me han brindado.

Me agradezco a mi por querer ser mejor cada día, por no rendirme ante ninguna situación, por alcanzar una meta más y tener esas ganas de seguir adelante.

# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>4</b>
<b>OBJETIVO.....</b>	<b>5</b>
<b>CAPÍTULO 1 GENERALIDADES .....</b>	<b>6</b>
1.1 Definición de prótesis fija.....	8
1.2 Biomimética en el tratamiento de prótesis fija.....	9
1.3 Diseño de preparación para prótesis fija .....	14
1.4 Grafeno .....	19
1.4.1 Obtención del grafeno.....	23
1.4.2 Aplicaciones del grafeno .....	26
<b>CAPÍTULO 2 CERÁMICAS DENTALES .....</b>	<b>30</b>
2.1 Clasificación de las cerámicas .....	30
2.2 Propiedades de las cerámicas .....	36
<b>CAPÍTULO 3 USO DEL GRAFENO EN LA PRÁCTICA</b>	
<b>ODONTOLÓGICA.....</b>	<b>38</b>
3.1 Propiedades.....	40
3.1.1 Propiedades físicas .....	41
3.1.2 Propiedades mecánicas .....	42
3.1.3 Propiedades químicas.....	43
3.2 Toma de color y propiedades estética.....	44
3.3 Preparación del diente pilar y toma de impresión .....	50
3.4 Procesado en laboratorio, sistema CAD-CAM.....	53
3.5 Ajuste y proceso de cementación.....	55
<b>CAPÍTULO 4 COMPARACIÓN GRAFENO, ZIRCONIA Y DISILICATO</b>	
<b>DE LITIO.....</b>	<b>57</b>
4.1 Propiedades.....	58
4.2 Tiempos de trabajo .....	61
4.3 Estética.....	63
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>65</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>67</b>

## INTRODUCCIÓN

La odontología ha tenido avances significativos a lo largo del tiempo, avances fundamentales que han logrado la evolución y mejoras en el quehacer profesional odontológico.

Es bien sabido que conforme pasa el tiempo, la demanda de los pacientes por restauraciones altamente estéticas ha ido en aumento; el poder contar con el material idóneo que cumpla con las características fundamentales de un material restaurador como son: resistencia a las fuerzas masticatorias, dureza adecuada, buen sellado y que además sea biocompatible con los tejidos dentarios es el reto diario en la innovación y desarrollo de materiales nuevos.

El presente trabajo señala las características de un nuevo material utilizado en el área dental, conocido como Grafeno, haciendo mención de todas aquellas características a considerar durante su uso; además se hará un análisis comparativo con otros materiales restauradores que cuentan con mayor tiempo en el mercado y de uso más común como lo son la zirconia y el disilicato de litio. Es importante señalar que cada uno de estos materiales son de naturaleza diferente en cuanto composición y estructura. por lo cual, cada uno de ellos presenta características importantes pero la aplicación en el ámbito dental es para los mismos fines.

A pesar de que el grafeno tiene poco tiempo siendo utilizado en el ámbito odontológico y que aún es un material que se encuentra en estudios para la elaboración de restauraciones protésicas, las características que ha presentado este material hasta estos momentos son significativas haciéndolo novedoso en la práctica dental y nos da una nueva alternativa como material restaurador.

## **OBJETIVO**

- Identificar las características que hacen que el grafeno pueda ser considerado como material restaurador para la elaboración de prótesis dental fija como alternativa a la zirconia y el disilicato de litio.

## CAPÍTULO 1 GENERALIDADES

La historia de la prótesis dental es signo claro de cómo la odontología se ha modificado a lo largo del tiempo, y de cómo su evolución ha marcado significativamente la práctica dental; a pesar de que han cambiado conceptos, las formas de enfoque y los objetivos que esta área ha tenido siguen siendo los mismos: restaurar preservando las estructuras dentales remanentes y así lograr mantener la salud bucal de la población.

En el siglo VII a.C. los etruscos construían prótesis fijas empleando láminas de oro para confección de bandas, ya que los dientes perdidos eran sustituidos por dientes de animales. Los pocos recursos técnicos y de materiales generaban aparatos protésicos limitados (figura 1).<sup>1</sup>



Figura 1 Uso de láminas de oro para elaboración de prótesis.

En el año 300a.C. se descubre la artesanía romana, que confirma que las coronas ya se usaban en el primer siglo.<sup>2</sup>

Pierre Frauchard fue el fundador de la odontología científica moderna, en el año de 1728 escribe el libro “Le chirurgien dentiste”, aportando la descripción de técnicas operatorias en la confección de prótesis dentales.

En el año de 1756 Phillip Pffaf describió por primera vez la toma de impresiones en su libro “Tratado sobre los dientes del cuerpo humano y sus

enfermedades", ahí describe cómo trabajar con impresiones de cera de abejas y obtener modelos de yeso París, la técnica consistía en dos pasos, primero tomaba la impresión de la mitad derecha del arco y posteriormente el lado izquierdo, al tener ambos registros, los unía para así obtener un modelo de yeso.

En el año de 1775 Paúl Reveré coloca un puente tallado en marfil, que ligaría a los demás dientes con alambre de plata.

Una de las primeras contribuciones que influyó profundamente en la odontología restauradora fue el concepto de áreas inmunes a la incidencia de la caries dental, promulgado por Black, también contribuyó a determinar los principios de las preparaciones cavitarias entendidos como el tratamiento mecánico de las caries permitiendo que el diente reciba una restauración que devuelva su resistencia, forma original e impida la reincidencia de nuevas caries.<sup>3</sup>

En el año de 1925 aparece el primer material hidrocoloide, los materiales elásticos para impresiones simplificaron las maniobras clínicas e incentivaron aún más los procedimientos protésicos por técnicas indirectas.

La búsqueda para diversificar las alternativas para obtener la restauración ideal para cada tipo de exigencia hoy incluye: el oro, las cerámicas, las aleaciones básicas y las resinas.<sup>3</sup> Figura 2



Figura 2 Coronas altamente estéticas.<sup>4</sup>



## 1.1 Definición de prótesis fija

La prótesis parcial fija es un aparato protésico unido a los dientes que sustituye uno o más dientes ausentes; durante mucho tiempo a este tipo de restauración se le ha denominado “puente”.

Dentro de la estructura de una prótesis fija se tendrán diversos componentes:

- **Pilar** es el diente o implante que sirve como elemento de soporte para prótesis parcial fija
- **Póntico** es el diente artificial que se sustenta de los pilares
- **Retenedores** son partes del puente que va cementada al pilar
- **Conectores** se encuentran entre el póntico y el retenedor, pueden ser rígidos (juntas soldadas o conectores colados), o no rígidos (ataches de precisión o rompe fuerzas), (figura 3).<sup>5</sup>

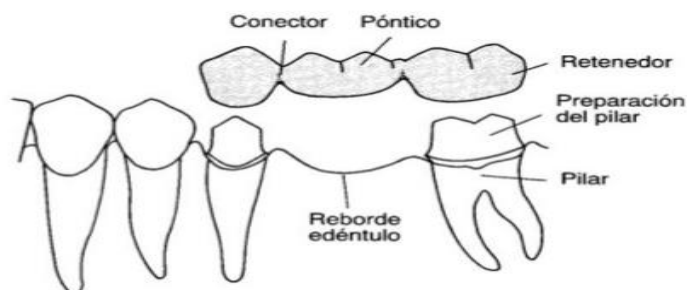


Figura 3 Partes de la prótesis fija.

Una corona es una restauración extracoronaria que recubre la superficie externa de la corona clínica, ésta debe de reproducir la morfología y los contornos de las partes dañadas del diente, también deben de proteger las estructuras remanentes de la lesión añadida.

El tratamiento de prótesis fija abarca desde la restauración de un único diente hasta la rehabilitación de toda la oclusión, por lo cual las prótesis

fijas se pueden clasificar en simples o complejas según el número de dientes a sustituir.

El número máximo de dientes posteriores que se pueden restaurar con una prótesis fija son tres, y se tiene que considerar que se deben de tener condiciones ideales para evitar un fracaso, como son: salud periodontal de las estructuras adyacentes, no haber movilidad de los dientes pilares, la presencia o no de dientes antagonistas.

Por lo general un espacio edéntulo creado por la pérdida de cuatro dientes que no sean incisivos se restaura con mejores resultados mediante una prótesis dental removible o una prótesis dental fija implantosoportada.

En las condiciones de pérdidas dentales se tiene que tener en consideración la ley de Ante la cual indica que la suma de las longitudes de las raíces debe ser igual o mayor a las raíces del o los dientes a restaurar, también es utilizable en implantes ya que a mayor espacio a reemplazar con implantes hay mayor índice de flexión por tanto los implantes deben tener mayor longitud y mayor diámetro (figura 4).<sup>6</sup>

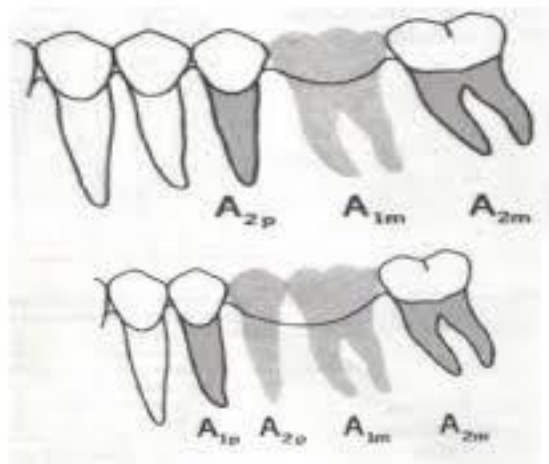


Figura 4 Ley de ante.

## 1.2 Biomimética en el tratamiento de prótesis fija

Se puede definir como biomimética al campo de conocimiento interdisciplinario en el que confluyen la biología y tecnología, en el que se

procura aplicar ciertos principios de sistemas biológicos a las estrategias tecnológicas, en la odontología se centra en la preservación de las sustancias naturales y el uso de materiales de restauración biocompatibles. En general es una cuestión de actitudes básicas hacia la necesidad de una intervención de varios biosistemas.<sup>7</sup> Figura 5



Figura 5 Estructura dental.<sup>8</sup>

El concepto de biomimética incluye el análisis de la capacidad que puede tener el diente al ser restaurado.

El objetivo de toda restauración debe de ser la confección de estructuras protésicas lo más parecido a las estructuras dentales, de ahí la importancia de conocer las propiedades de los materiales con que se restaura y la sustancia a restaurar.

En boca las sustancias a restaurar son esmalte, dentina y en algunos casos el cemento, cuando éste se ve afectado al sufrir alteraciones como son recesiones, caries cervicales y modificaciones en el margen gingival sean por plastias o por alargamientos. Cada una de estas estructuras dentarias cuentan con diferentes características las cuales son:

- Esmalte

El esmalte dental es el tejido mineralizado de mayor dureza que tiene el cuerpo, está formado principalmente por material inorgánico (90%), una pequeña cantidad de sustancia orgánica (2,9%) y agua (4,5%).

Su módulo de elasticidad alcanza un valor de 80Gpa, lo cual nos indica que es un material muy fuerte, debido al alto el contenido mineral se limita la deformación mecánica que hace que a su vez sea una estructura frágil, a menos que éste se encuentre soportado por dentina es capaz de soportar las fuerzas de las cargas intraorales sin sufrir fracturas en su estructura.

Los prismas que posee el esmalte en su estructura son capaces de interrumpir el estrés provocado por las cargas intraorales debido a la separación entre sí por un espacio intercristalino.

Todo esmalte sin soporte es propenso a sufrir fractura por lo cual es importante se tome en consideración en las preparaciones protésicas.

- Dentina

La dentina es un tejido cuya mineralización es menor que el esmalte. Presenta un contenido orgánico mayor que el esmalte 33%, un contenido inorgánico de 45% y agua 22%, lo cual le proporciona resiliencia a la carga. Posee un módulo de elasticidad de 20 GPa.

La dentina es atravesada por numerosos túbulos que contienen proyecciones celulares de los odontoblastos, el número de túbulos dentinarios es alrededor de 15000/mm<sup>2</sup> en la unión amelodentinaria, en la proximidad a la cámara pulpar hay un incremento a 70000/mm<sup>2</sup>. La dentina es un tejido mineralizado altamente reactivo (figura 6).<sup>9</sup>

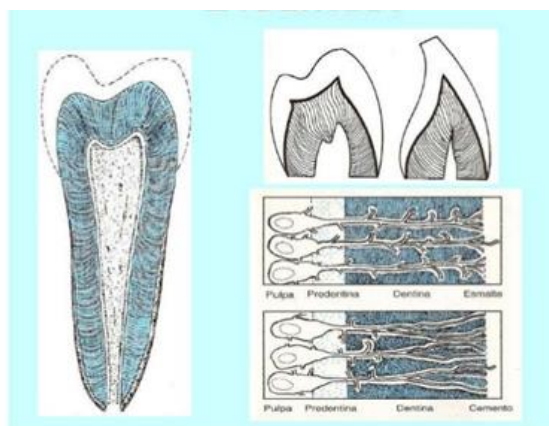


Figura 6 Estructura del esmalte dental.

- Cemento

El cemento dental es un tejido dental mineralizado conectivo y no vascularizado, cubre la raíz del diente con tejido mesenquimal, constituye la cubierta exterior de la raíz, su función principal es la de unir al diente con el hueso alveolar mediante el ligamento periodontal. Las fibras colágenas del ligamento periodontal (fibras de Sharpey) se encuentran embebidas en el cemento y se unen al alvéolo, fijando el diente al alvéolo.

Se compone en un 55% de hidroxapatita cálcica y en un 45% de agua. En su región apical presenta los cementocitos, que se encuentran en lagunas, similares a las de los osteocitos del hueso, esta región del cemento se denomina cemento celular; la región coronal del cemento carece de cementocitos y se denomina cemento acelular. Ambos cementos presentan cementoblastos.

El cemento se puede reabsorber por células del tipo de los osteoclastos, conocidas como odontoclastos. Este proceso se observa en la exfoliación (caída de los dientes deciduales).

El cemento dental presenta un color blanco nacarado, tiene una radiopacidad similar a la del hueso compacto por presentar el mismo grado de contraste. Se estima de un espesor promedio de 80 a 120 micrones.

Figura 7



Figura 7 Cemento dental. <sup>8</sup>

Tanto esmalte como dentina permiten asumir que están constituidos como átomos. Los átomos que constituyen el tejido adamantino son de tipo metálico y no metálico lo que caracteriza a los materiales cerámicos. El esmalte dental es considerado un cerámico de tipo iónico, en su estructura se encuentran aniones y cationes.

Si bien el esmalte y la dentina, presentan el mismo tipo de unión iónica, no presentan la misma solubilidad en un medio acuoso. Cuando se habla de uniones de tipo dativas o iónicas se hace referencia a uniones primarias y fuertes, esto es un indicador de por qué el esmalte es el tejido más duro del cuerpo. La dentina puede ser considerada una estructura combinada o como un composite natural con dos fases, orgánica y cerámica, funcionando como una unidad estructural.<sup>10</sup>

No es igualmente deformable una estructura con uniones fuertes que en la que predominan las uniones débiles. El módulo de elasticidad de un material permite valorar el grado de capacidad de deformación elástica:

$$\text{Deformación} = \text{tensión} / \text{Módulo de elasticidad}$$

Ante tensiones mayores el esmalte y la dentina permite optimizar el sistema de fuerzas resultante. Al tener un módulo de elasticidad menor, la dentina permite compensar la rigidez del esmalte, actúa como amortiguador y disminuye la posibilidad de fractura dentaria.

En los casos de parafunción aumenta la tensión a la que son sometidos los tejidos dentarios, así como el riesgo de fractura, de esta manera se entiende la importancia la distribución de las fuerzas en las distintas superficies o planos y la importancia de sustituir el tejido de soporte con uno que actúe de manera parecido a la dentina natural.

$$\text{Tensión} = \text{Fuerza} / \text{Superficie}$$

Es por ello la necesidad de evaluar con un adecuado diagnóstico las características del entorno pues de la misma manera que afecta la

integridad de las estructuras dentarias puede afectar la integridad de las restauraciones, sean rígidas o plásticas.

### **1.3 Diseño de preparación para prótesis fija**

Toda prótesis dental sea fija o removible tendrá como objetivo sustituir estructuras faltantes ya sea que se hallan perdido o que no existieron.

Las indicaciones para la colocación de prótesis fija se sustentarán en cuanto a las necesidades y requerimientos del paciente:

- **Estética:** cobra relevancia en el sector anterior ya que es una zona de mayor visibilidad, en caso de dientes reconstruidos que presenten cambios de color, alteraciones de forma, presencia de diastemas y malformaciones dentales.
- **Pérdida parcial de dientes:** la evaluación de estructuras perdidas y remanentes así como las estructuras que servirán como pilares en la colocación serán un factor importante para la planificación del tratamiento.
- **Reposición protésica de los puntos de contacto:** cuando no es posible conseguirlo con materiales de obturación se opta por alternativas de tratamientos como son coronas parciales, totales o incrustaciones.

Para poder llevar un plan de tratamiento es necesario el análisis de modelos de estudio, examen radiográfico y fotografías intraorales, antes de empezar el tratamiento.

El examen radiográfico se centrará en las condiciones presentes de las estructuras dentarias, como son, la longitud de las raíces de los dientes remanentes y soporte óseo.

El análisis de modelo de estudio proporcionará al clínico información de utilidad para la planificación de la prótesis, como son:

- La posición de los dientes pilares en la arcada dental en relación con los dientes antagonistas. Aquellos dientes que presentan alguna angulación o su eje longitudinal no es adecuado, tendrán que modificarse.
- Los dientes antagonistas sobre erupcionados deberán reducirse con la finalidad de evitar reducciones excesivas en los dientes pilares, así se podrá permitir una nivelación del plano oclusal.
- Características anatómicas de los dientes pilares para así poder solucionar cualquier inconveniente que se presente durante la fase de preparación.
- Evaluación de la calidad de los dientes pilares, si es necesario emplear terapéuticas para restablecer su salud.

Lo primero que debe evaluarse antes de realizar algún tipo de preparación, es la trayectoria de inserción, la cual se entiende como la selección de una de las diversas direcciones posibles, en la cual una prótesis dental fija puede asentar sobre los dientes pilares. Cuanto más cónicas son las preparaciones mayores será el número de direcciones de inserción, pero también resulta el número de direcciones posibles de desalajo, esto puede reducirse mediante la inclusión de preparación de surcos o cajones con paredes ligeramente divergentes hacia incisal. La razón de la preparación de los dientes para prótesis fija es para dar espacio a los materiales que van a formar parte de la misma. <sup>7, 11</sup>

La preparación de los dientes pilares que han de soportar los retenedores deben tener en cuenta las siguientes condiciones:

- Reducción de tejido dental suficiente para dar el espacio necesario para el material que va a formar parte del retenedor.
- Retención, resistencia y estabilidad del retenedor protésico.



- Preparación que respete la vitalidad pulpar dentro de lo posible.
- No lesionar tejidos del preiodonto y que se permita que el retenedor conserve sanos estos tejidos.
- Buena definición de margen para que el retenedor tenga un ajuste perfecto.
- Pulido y acabado de la preparación.

Los principios son responsables de la durabilidad de la restauración y deben de tenerse en cuenta al realizar la preparación:

- Anatomía
- Anclaje
- Terminación periférica

Tendremos que a mayor estructura dentaria preparada menor será el anclaje, el cual es la fricción que se logra entre las paredes de la preparación y la restauración. Una restauración que no puede permanecer unida firmemente a la pieza dentaria no podrá cumplir con sus requisitos funcionales, biológicos y estéticos. Esta fricción será la encargada de brindar retención y resistencia a la restauración. <sup>(10)</sup>

La retención es la capacidad de impedir que la restauración se desaloje de su eje de inserción durante la masticación, la resistencia estará dada por la forma de la preparación y evitará el desalojo por fuerza dislocantes. La retención y la resistencia pueden ser maximizadas con la forma que se le da a la preparación.<sup>10</sup> Figura 7

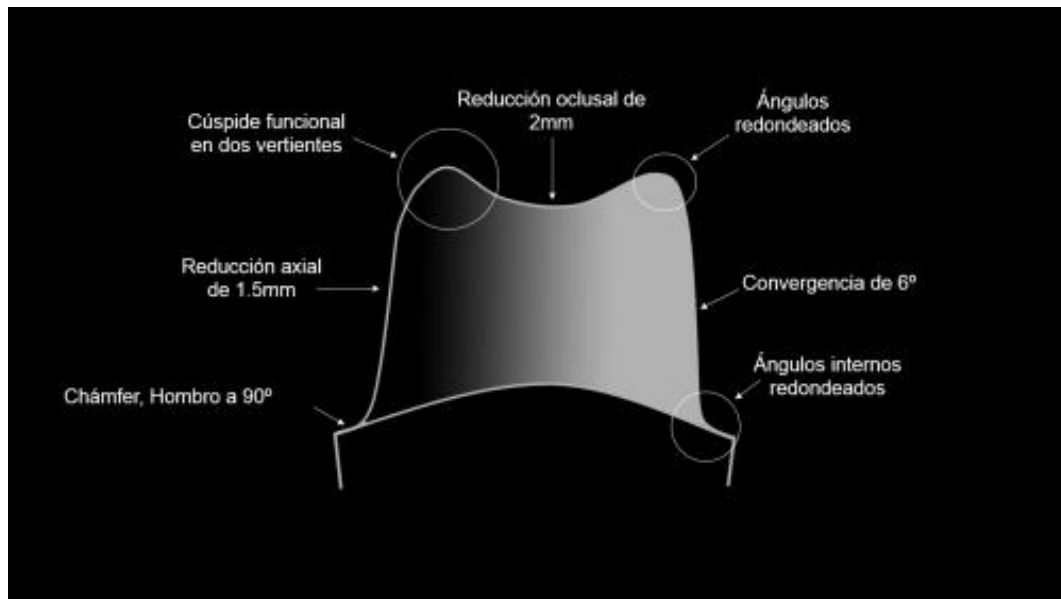


Figura 7 Condiciones de preparación del pilar.<sup>12</sup>

Uno de los factores que influyen es la conicidad que presente la preparación, pues mientras más paralelas sean las paredes opuestas de la preparación mayor será la retención, al ser más cónica esta propiedad decrecerá, un grado de convergencia ideal en las preparaciones son de 6°.

Otro factor en la retención es el largo de la preparación, habrá mayor retención en una preparación larga que en una corta pues se incrementa la superficie de contacto entre la restauración y la preparación. Cuando la pieza dentaria es muy corta se debe de conservar paralelismo entre las paredes para lograr mayor anclaje.

La configuración del margen gingival se ha ido modificando según las exigencias de resistencia de los materiales, estética, estructuras dentarias y periodontales, etc. En aquellos casos con requerimiento estético, la línea de terminación se encontrará subgingival, en dientes muy corto por razones de retención y estabilidad también se tendrá una terminación subgingival (tabla 1),( figura 8).<sup>10</sup>

Como se mencionó anteriormente una buena preparación deberá respetar la anatomía y morfología del diente pilar; por ello se divide la preparación en tres etapas:

- Reducción

En esta etapa se desgasta el diente propiamente dicho, se realiza con piedras de grano medio, el espesor del desgaste dependerá del tipo de material que se utilizará para la restauración.

- Pulido y acabado

Se elimina toda la superficie porosa y rugosa. Se eliminan todos los prismas de esmalte sin soporte dentinario. Esto se realiza con fresas multiplefilos o con piedras de grano fino o sinterizado.

- Terminación periférica

Cumplirá la función de limitar la restauración del cierre marginal de la misma.

TIPO DE RESTAURACIÓN	TIPO DE TERMINACIÓN
Corona Metálica	Hombro recto con ángulo axiokingival redondeado con bisel
Corona Metalo Cerámica	Hombro recto con ángulo axiokingival redondeado con bisel Chámfer
Corona Porcelana pura	Hombro recto con ángulo axiokingival redondeado Chámfer
Otras terminaciones cónica metálica o corona metalo cerámica	Hombro angulado con ángulo axiokingival redondeado con bisel
Corona Porcelana pura	Hombro angulado con ángulo axiokingival redondeado

Tabla 1 Restauración protésica y línea de terminación empleada.

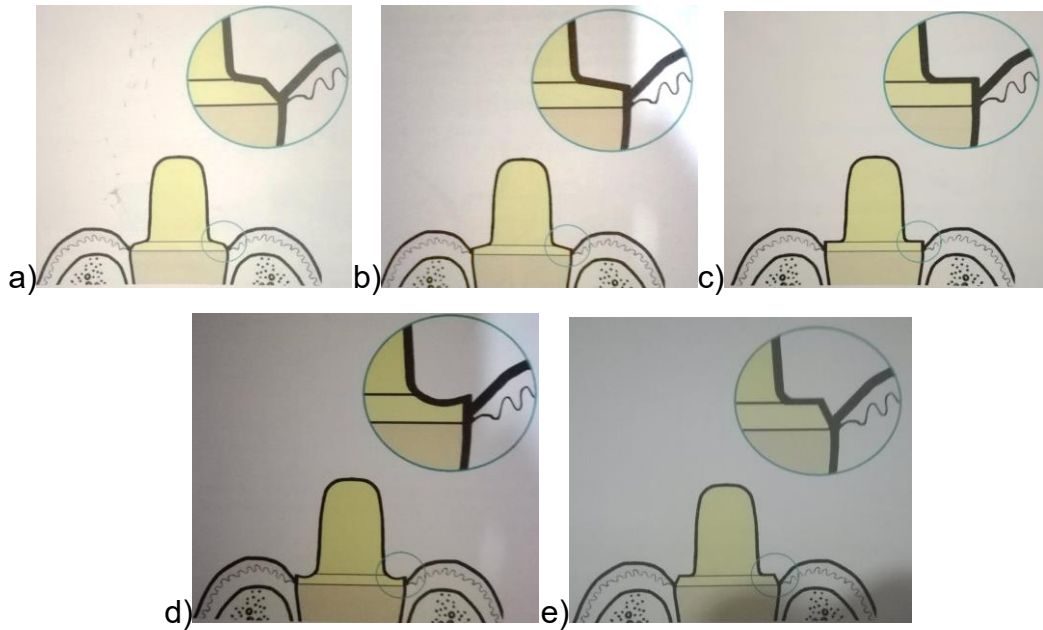


Figura 8 a) Hombro recto con ángulo axiokingival redondeado con bisel , b)Hombro águlado con ángulo axio gingival redondeado, c)hombro recto con ángulo axiokingival, d)Terminación chámfer, e)hombro recto con ángulo axiokingival redondeado con bisel.

## 1.4 Grafeno

Pese a que el grafeno se conoce desde la década de los 30's, el estudio de este material fue abandonado por considerarlo un material demasiado inestable ante cambios térmicos.

El grafeno es una alotropía del carbono, que es la existencia, especialmente, en estado sólido de dos o más formas estructurales moleculares o cristalinas de un elemento, en el carbono tenemos como alotropías:

- tridimensionales: diamante, grafito
- bidimensionales: grafeno
- monodimensionales: nanotubo
- cero dimensionales: fullerenos

El grafeno es una estructura nanométrica, bidimensional, de átomos de carbono cohesionados en una superficie uniforme, ligeramente plana, con ondulaciones de un átomo de espesor, que dan como apariencia una capa de panal de abejas, por su configuración atómica hexagonal presenta una estructura similar a la del grafito. Figura 9

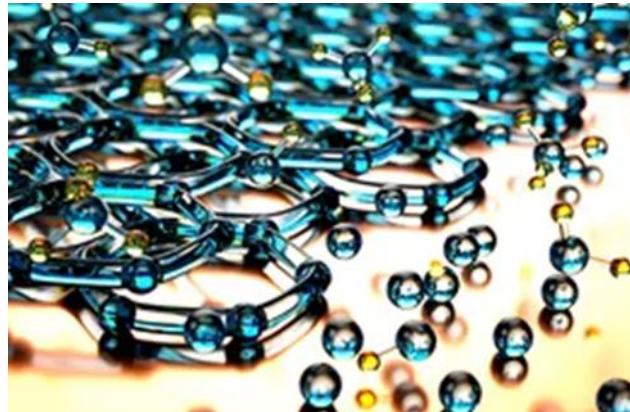


Figura 9 Estructura del grafeno.<sup>13</sup>

Cada átomo de carbono se une a otros tres átomos de carbono mediante enlaces covalentes con hibridación  $sp^2$  para así poder formar una lámina plana.<sup>14,15</sup> Figura 10

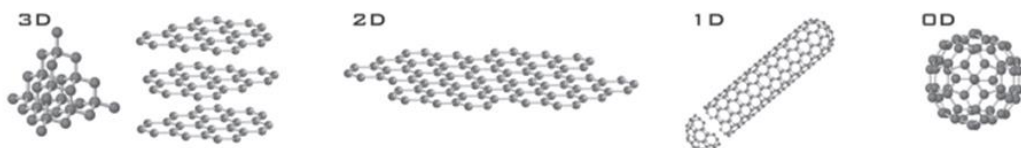


Figura 10 Estructura dimensional del grafeno.<sup>15</sup>

El grafeno es un material que se encuentra formado por capas. Al enrollarse las láminas de grafeno para formar cilindros se obtendrá una estructura denominada nanotubos de carbono. Cuando estas estructuras presentan una conformación mayor de 50-500nm se le denominará nanofibras de carbono, en la que se tendrá una longitud de 50-100um, este descubrimiento se dio en 1991-1993.<sup>16</sup> Figura 11

El grafeno puede ser clasificado en tres tipos, monocapa, bicapa y aquel que se encuentra entre el rango de tres a diez capas, a pesar de ello las propiedades presentes en este material son muy comunes.

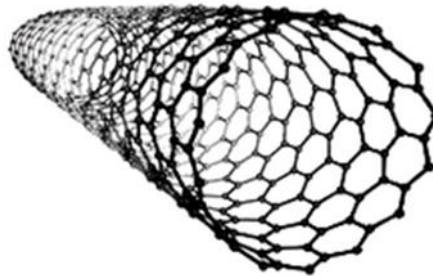


Figura 11 Nanotubo de grafeno.<sup>13</sup>

En el 2004, científicos de origen ruso Konstantin Novoselov y Andre Geim consiguieron aislar el grafeno a temperatura ambiente, logrando las primeras mediciones electrónicas, obtuvieron el grafeno a partir del grafito, material de las minas de los lápices y lograron una lámina de un grosor de sólo un átomo, gracias a esto obtuvieron el Premio Nobel de Física en 2010.

El grafeno es un nuevo material, muy delgado y resistente, como conductor de electricidad se comporta como el cobre y como conductor de calor, supera a cualquier otro material conocido.

Es casi completamente transparente y tan denso que ni siquiera el helio, el átomo de gas más pequeño, puede atravesarlo.<sup>17</sup> Figura 12



Figura 12 Trascendencia del material.<sup>13</sup>

Este material tiene varias aplicaciones: incluida la fabricación de nuevos materiales y de dispositivos electrónicos avanzados. Los transistores de grafeno son más rápidos que los transistores de silicio, por lo cual se podrán fabricar ordenadores más eficaces.

Al ser un material transparente y un buen conductor, se le podrá dar aplicaciones en pantallas de dispositivos electrónicos e incluso paneles solares.

Debido a las diferentes propiedades que presenta este material como elasticidad, dureza, alta resistencia, alta conductividad térmica y eléctrica, es considerado un excelente nanorefuerzo especialmente cuando se hace interaccionar con matrices poliméricas.

Las principales propiedades que cuenta este material para su uso son:

- **Dureza:** se definirá como la cantidad de energía que es capaz de absorber, antes de llegar a deformarse o romperse, el valor módulo de Young del grafeno es 0.5 TPa esto supone el doble que el del acero (0.21TPa) o el silicio (0.19 TPa), aunque menor que el del diamante (1.05 TPa). Esto quiere decir que tiene una gran resistencia a la fractura sin deformarse, propiedad muy útil en nanotecnología. Se estima que para atravesar una lámina de grafeno con un objeto afilado sería necesario aplicar una fuerza de casi cuatro toneladas.
- **Elasticidad,** es la propiedad de los materiales de recuperar la forma inmediata después de retirar la carga o fuerza aplicada sin sufrir deformación permanente, el grafeno presenta una elevada elasticidad, lo que permite que se pueda aplicar en diversas superficies, en las que aumentará su durabilidad.
- **Flexibilidad** que será la capacidad de un material para deformarse al aplicarle una tensión, debido a la elasticidad que presenta se podrá moldear de diversas maneras.

- Conductor de calor, muy buen conductor de calor, semejante a metales.
- Conductor de electricidad, a pesar de ser una alotropía del carbono al eliminarse las impurezas que generan dispersión, se convierte en un excelente conductor, su estructura de red hexagonal en dos dimensiones permite una superposición de las bandas de valencia (orbitales pz) y de conductancia, proporcionándole una dispersión lineal, permite que sus electrones se comporten como partículas sin masa que pueden moverse libremente por toda la lámina la conducción es semejante que el cobre, necesita una menor cantidad de calor para el transporte de energía, por lo cual se piensa emplear en la elaboración de baterías.
- Transparente y ligero, esta propiedad ayudara a su implementación en la elaboración de pantallas más ligeras.
- Reacción química con otras sustancias esto le permite la creación de nuevos materiales, así como la introducción de impurezas dentro de su estructura para así realizar modificaciones, lo que le permitirá tener un campo muy amplio de aplicación.
- Elevada densidad, es un material muy denso, ni los átomos más pequeños helio son capaces de atravesarlo.
- Efecto antibacteriano al estudiar el grafeno con organismos vivos se pudo observar que las bacterias no crecen en él, lo que permite la posibilidad de utilizarlo la industria alimentaria o en la biomedicina.

#### **1.4.1 Obtención del grafeno**

La obtención del grafeno se realiza mediante el proceso de exfoliación micromecánica (micro mechanical cleavage), la cual se llevará a cabo



mediante una separación de la capa más externa en la superficie de un grafito, el grafito está constituido por un gran número de placas superpuestas de cristales de grafeno, el descaramiento se puede llevar mediante la utilización de cinta adhesiva para así poder extraer hojuelas muy delgadas (figura 13).<sup>18</sup>

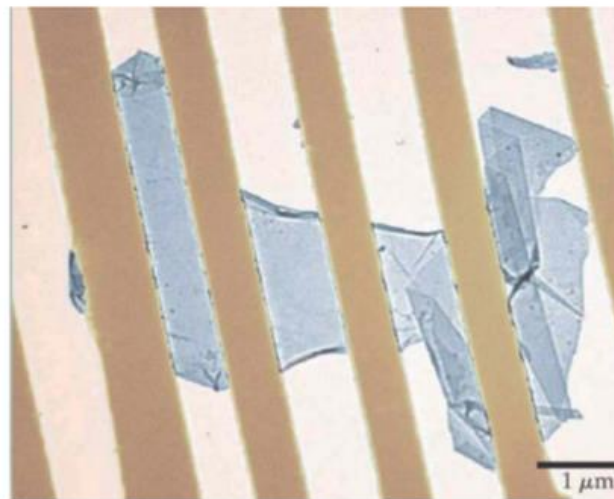


Figura 13 Cristales de grafeno de un átomo de grosor, libremente suspendida en una estructura de alambres de oro, tal como es observado utilizando microscopia de transmisión electrónica.

Para la identificación tentativa de las estructuras de grafeno en la cinta se requiere de microscopia óptica, donde se podrá observar un débil contraste de interferencia de color, para la identificación definitiva se requiere microscopio de fuerzas atómicas y microscopia electrónica de barrido. El éxito de esta técnica de obtención está en cumplir las condiciones de: seleccionar adecuadamente el material de inicio de grafito, uso de superficies limpias, así como material fresco de grafito y la medición de óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ).

Los primeros intentos para aislar el grafeno se concentran en la técnica de exfoliación química, la cual consiste en insertar moléculas o átomos en la masa de grafito, de tal forma que los planos de grafeno puedan ser separados en capas unidos a las moléculas o átomos insertados.

Una de las técnicas es la denominada “Solución de exfoliación” (Solution based exfoliation of Graphene Oxide) a partir del cual obtenemos Oxido de Grafeno (GO). El método de Hummer que consiste en primer lugar en

oxidar este polvo con  $\text{NaNO}_3$  y  $\text{H}_2\text{SO}_4$  a continuación se le añade  $\text{KMnO}_4$  y agua desionizada, y finalmente se agrega  $\text{H}_2\text{O}_2$  para eliminar los residuos de  $\text{KMnO}_4$ , de manera que obtenemos óxido de grafeno dispersable en agua.

Posteriormente mediante un tratamiento de ultrasónico en una mezcla de solvente (agua, alcohol y disolventes orgánicos) se pretende separar los átomos o moléculas que se insertaron obteniéndose un sedimento de grafeno (figura 14).<sup>19</sup>

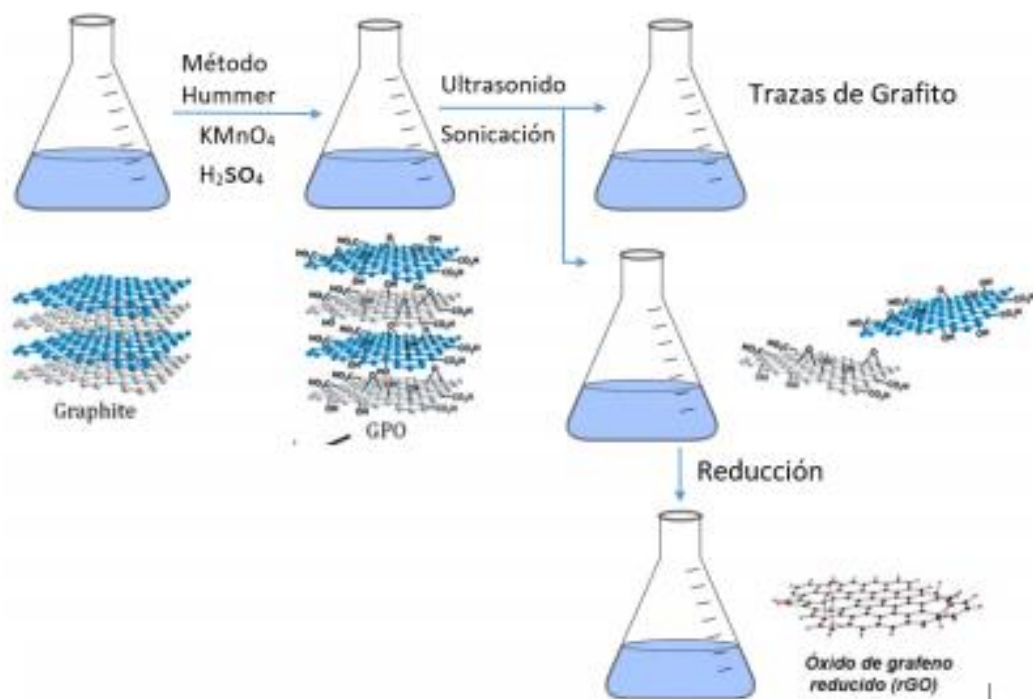


Figura 14 Esquema de obtención de grafeno mediante solución de exfoliación.

El método de exfoliación micromecánica provee grandes resultados en la obtención de cristales de grafeno, con lo cual se cubre las necesidades del laboratorio, para una mayor producción a nivel industrial aún se continúan perfeccionando métodos de obtención para así ser redituable, entre estos métodos se tiene la exfoliación de compuestos grafiticos intercalados y de sublimación de sílice a partir de sustratos de  $\text{SiC}$ .<sup>18, 20</sup> Figura 15

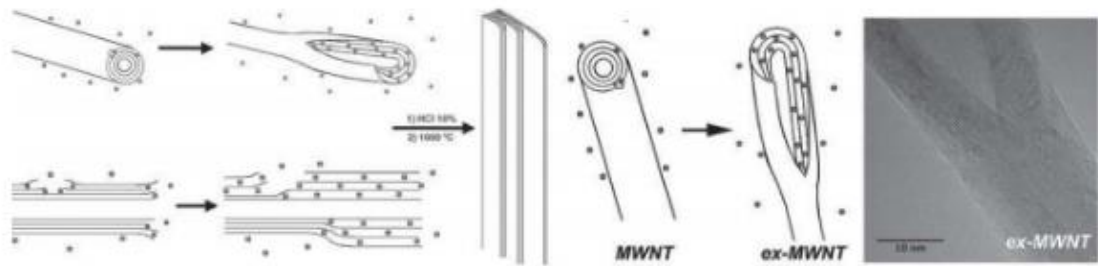


Figura 15 Obtención de láminas de carbono mediante cinta adhesiva.<sup>20</sup>

El grafeno es un material con enorme potencialidad, actualmente la producción de este material se logra producir de una forma más eficiente y barata.

### 1.4.2 Aplicaciones del grafeno

La alta reactividad del grafeno con otros elementos químicos distintos del carbono es una de las características que más atrae la atención en el campo de la investigación. Ya se han descubierto algunos derivados del grafeno, como es el caso del grafano, que mediante la adición de hidrógeno en su estructura molecular da como resultado un nuevo material aislante. Debido a las propiedades presentes en este material se ha dado la pauta a la utilización en diversos campos.<sup>13</sup> Figura 16



Figura 16 Aplicaciones del grafeno.<sup>22</sup>

- Fabricación de microchips o de transistores, ambos elementos imprescindibles en prácticamente todos los dispositivos electrónicos, con la elaboración de transistores de grafeno permitirán la conducción de electricidad mucho más rápido debido a la naturaleza quiral en bicapa o monocapa dada por el pseudoespín, (proyección de pseudoespín en la dirección del movimiento siendo positivo para electrones y negativos para los huecos). Tiene gran potencial como material nanoelectrónico gracias a la alta movilidad de sus electrones.

- Desarrollo de tintas conductoras, capaces de conducir la electricidad empleadas para la impresión de circuitos. Debido a sus propiedades permitirán el desarrollo de dispositivos flexibles que podrán manipularse dependiendo las necesidades.

- Se ha comprobado que con nanocircuitos de grafeno se podrían mejorar de manera significativa la velocidad y calidad de las comunicaciones inalámbricas.

- En el sector energético se permitirá la creación de baterías de larga duración. Las energías renovables pasarán a un plano más relevante, ya que, entre otros, las placas solares recubiertas de este material serán mucho más eficientes y permitirán una forma más ecológica de consumo energético.

-Debido a la dureza del grafeno junto con su capacidad de moldearse y su ligereza, permite ser empleado en la elaboración de chalecos antibalas, cascos y multitud de elementos de protección.

-En la Industria automovilística se aplicará en el chasis de los vehículos lo que los haría más resistentes, en los coches híbridos permitirá baterías de larga duración, con tiempos de carga mínimos.

-Industria del motor y los combustibles mejoras en el rendimiento de los aviones militares en cuanto a consumo y rendimiento.

-Debido a la alta densidad permeable al agua, se estudia su posible uso para la desalinización del agua, se podrá realizar este proceso en un tiempo menor y con un costo reducido.

- En el área biomédica el óxido de grafeno se ha utilizado como un biosensor de transferencia de energía de resonancia (FRET), basándose en la interacción con el ADN monocatenario, se emplea una técnica en la que se liga a la superficie de una lámina de grafeno DNA monocatenario con un marcador fluorescente, este estará inactivado mientras esté unido al óxido de grafeno, al llegar a la célula el ADN hibrida con su ADN monocatenario complementario se separa del óxido de grafeno, activándose la fluorescencia activada, así habrá una detección de varias moléculas de ADN monocatenario, microARN, proteínas, hormonas, ATP y toxinas fúngicas (figura 17).<sup>21</sup>

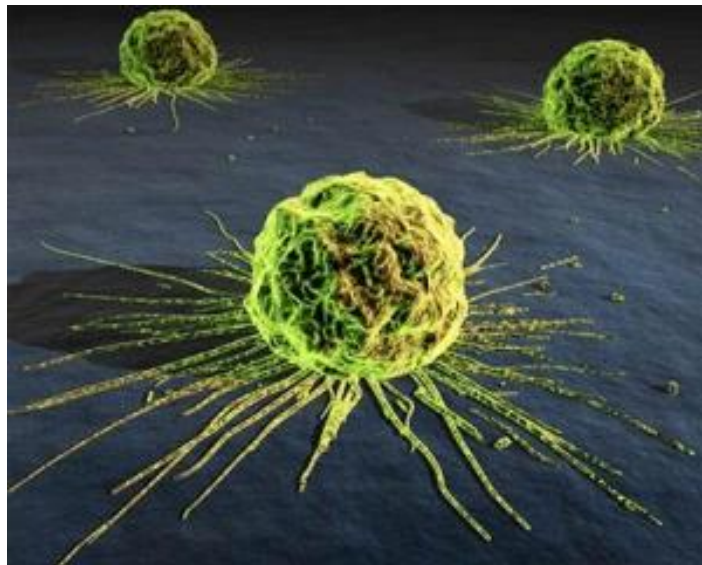


Figura 17 Fluorescencia en células.

Aplicando esta técnica se han marcado péptidos permitiendo medir la actividad de proteasas como tripsina, trombina y metaloproteinasa.

- En el tratamiento contra el cáncer tiene como objetivo direccionar el tratamiento a una zona concreta del organismo, la zona afectada, evitando afectar las células sanas del organismo ya que combinando este material

con diversos fármacos es posible aumentar la carga de medicación que llega a las células cancerígenas.

Es posible crear moléculas con afinidad por las células cancerígenas en las que el grafeno forma parte de sus componentes. Una vez administradas, mediante un proceso de fototerapia térmica, que consiste en someter al cuerpo a una determinada longitud de onda que sea inocua para las células sanas, pero que afecte al grafeno, de modo que sólo las células cancerígenas previamente marcadas sufrirán un proceso de destrucción celular.

- Las propiedades del grafeno lo hacen un candidato ideal para la creación de implantes, pudiendo ser un reemplazo para circuitos nerviosos lesionados o incluso creando implantes de retina. Pero su uso no solo se limita a la regeneración del tejido nervioso, sino que ya se especula con la posibilidad de crear implantes musculares y de huesos (figura 18).<sup>21</sup>



Figura 18 Uso de grafeno en articulaciones.

- Por sus propiedades antimicrobianas, científicos chinos decidieron desarrollar una forma de grafeno en forma de hoja de papel que tiene sus aplicaciones en el ámbito sanitario como, por ejemplo, recubrimiento para vendajes y apósitos, facilitando la cura de heridas disminuyendo la posibilidad de que se produzcan infecciones.

## CAPÍTULO 2 CERÁMICAS DENTALES

La estética es un concepto subjetivo, sometida a grandes cambios según el medio sociocultural, hoy en día hablar de restauraciones estéticas implica hablar de cerámicas dentales. La innovación en procedimientos restaurativos altamente estéticos ha remplazado el uso de materiales metálicos; han sido tan revolucionarios los cambios y las aportaciones en los últimos años, que en la actualidad existen múltiples sistemas cerámicos, cada uno de ellos buscan un equilibrio entre factores estéticos, biológicos y mecánicos, por lo cual es necesario conocer las propiedades de las diversas cerámicas.<sup>23</sup> Figura 19



Figura 19 Estratificación de porcelana. <sup>24</sup>

### 2.1 Clasificación de las cerámicas

Las cerámicas dentales se pueden clasificar según las temperaturas de fusión, su composición, la técnica de confección y la resistencia mecánica, es importante señalar que la clasificación varía en diversos autores, dependiendo los requerimientos de cada uno de ellos.



- **Temperatura de fusión**

-**Cerámicas de alta fusión (1280-1390°C)**, se utilizan para la fabricación de dientes artificiales prefabricados para prótesis removible. Suelen tener cambios dimensionales.

-**Cerámicas de media fusión (1090-1260°C)**, utilizadas en la elaboración de Jacket sobre láminas de platino.

-**Cerámicas de baja fusión (870-1065°C)**, destinadas para el recubrimiento estético de metales, técnica ceramometálicas, son las más usadas.

-**Cerámicas de muy baja fusión (660-780°C)**, utilizadas en la técnica metal-cerámica, como recubrimiento de aleaciones de titanio y oro tipo IV. Sólo permiten la confección de inlay's y onlay's. También son utilizables en las reparaciones protésicas donde se busca evitar la modificación de la estructura base.

- **Cerámicas de temperatura ambiente**, durante el proceso industrial son tratadas mediante calor, es el clínico quien las adapta y retoca sin que las cerámicas sean transformadas, como lo son: Sistema CAD-CAM, Sonicsys, brackets cerámicos. Figura 20



Figura 20 Bloques de cerámica dental.<sup>24</sup>



La razón por la cual se sugiere utilizar temperaturas más bajas: son por los cambios dimensionales térmicos, que se pueden presentar en los materiales.<sup>25</sup> Tabla 2

DENOMINACIÓN	INDICACIONES	VENTAJAS	INCONVENIENTES	COMPOSICIÓN
Alta fusión 1300-1350°C	Producción industrial de dientes	>resistencia <translucidez >soporta muy bien modificaciones repetidas	Gasto energético elevado	
Mediana fusión 1100-1300 °C	Núcleo de elaboración de corona jacket	<Intervalo de fusión <cambio dimensional al enfriar <porosidad superficial <grietas superficiales	La porcelana se deforma durante las reparaciones repetidas	Dióxido de sílice 64.2 % Óxido bórico 2.8% Óxido potásico 6.2% Óxido sódico 1.9% Óxido de aluminio 2.8% Óxido de litio 2.1% Óxido de Mg 0.5% Pentóxido de fósforo 0.7%
Baja fusión 850-1100°C	Recubrimiento estético de núcleos aluminoso y técnicas de ceramometálicas			Dióxido de sílice 69.4% Óxido bórico 7.5% Óxido cálcico 1.9% Óxido potásico 8.3% Óxido sódico 4.8% Óxido de aluminio 8.1%
Muy bajas o ultra baja fusión <850°C	Combinación con metales como el titanio, pequeñas rectificaciones, puntos de contacto, anatomía oclusal, ángulos, etc.	Mejora las propiedades de las cerámicas de mediana y baja fusión		
Temperatura ambiente	Procedimiento directo en clínica	Evita laboratorio de prótesis		

Tabla 2 Clasificación de las cerámicas de acuerdo a su temperatura de procesado.<sup>26</sup>

- **Composición del material**

Se considera materiales cerámicos aquellos productos de naturaleza inorgánica, formados mayoritariamente por elementos no metálicos que se obtienen por la acción del calor y cuya estructura final es totalmente cristalina.

Los materiales cerámicos están compuestos por una matriz vítrea, cuyos átomos están desordenados, la fase vítrea es la responsable de la estética de las porcelanas, mientras que la fase cristalina es la responsable de la resistencia presente en este material.<sup>23</sup>

- **Cerámicas feldespáticas:** contiene tres elementos básicos: feldespato, cuarzo y caolín. El feldespato al descomponerse en vidrio es el responsable de la translucidez, el cuarzo constituye la fase cristalina y el caolín proporciona plasticidad y facilita el manejo de la cerámica cuando aún no está cocida. Para disminuir la temperatura de sinterización se incorporan fundentes.

Poseen mejores propiedades ópticas, son frágiles por lo tanto no se pueden utilizar en estructura monolítica y es necesario el apoyo sobre una estructura, por lo cual estas porcelanas son empleadas para el recubrimiento de estructuras metálicas o cerámicas y carillas

Debido a la demanda de este material por su elevada estética, se ha ido modificando la estructura de estas cerámicas. Se sugiere cerámicas feldespáticas de alta resistencia, las que contiene un mayor contenido de feldespato, porque se incorporan elementos que aumentan la resistencia mecánica (100-300 MPa). La leucita refuerza la cerámica ya que sus partículas al enfriarse sufren una reducción milimétrica porcentual, estas diferencias de volumen contrarrestan la prolongación de grietas.<sup>23</sup>

-**Cerámicas aluminosas:** se incorporaron cantidades importantes de óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), disminuyendo la cantidad de cuarzo, obteniendo como resultado una microestructura mixta en la que la alúmina permanece en suspensión en la matriz debido a su alto punto de fusión.

Se observó que el incremento de óxido de aluminio provocaba importante reducción en la translucidez, lo que obligaba a realizar tallados más invasivos para así poder alcanzar una buena estética. Al superar la proporción de alúmina, mayor al 50%, se produce un aumento de la

opacidad, por lo que son utilizadas en la confección de estructuras internas siendo necesaria recubrirlas con porcelanas con menor contenido de alúmina.<sup>23</sup>

**-Vidrocerámicas:** unen las características de los vidrios modernos, de origen no metálico, tiene dureza, rigidez, fragilidad, transparencia y su estructura es amorfa.

Se pueden distinguir tres tipos de vitrocerámicas Apatita, micatetrafluorurosilicato, silicato de litio y disilicato de litio.<sup>25</sup>

**-Cerámicas circoniosas:** son cerámicas de última generación, es un material policristalino que presenta una estructura tetragonal, se encuentran compuestas por óxido de zirconio sinterizado (95%), estabilizado parcialmente con óxido metálicos, por ejemplo, MgO, CaO, o Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (5%).<sup>10, 23</sup>

La cerámica de zirconia parcialmente estabilizada (PSZ), es un material al que se le agrega una cantidad menor de óxido estabilizante, el procesado se realiza de manera correcta permitiendo que las partículas de zirconia puedan ser conservadas en la forma tetragonal a temperatura ambiente.

Cristalográficamente, el Zirconio a presión y temperatura ambiente, se encuentra en fase monoclinica. La fase monocíclica es estable hasta 1170°C donde se transforma a la fase tetragonal. A los 2370°C la fase tetragonal se transforma a la fase cúbica que existe hasta 2680 °C, el punto de fusión de la zirconia (figura 21).<sup>27</sup>

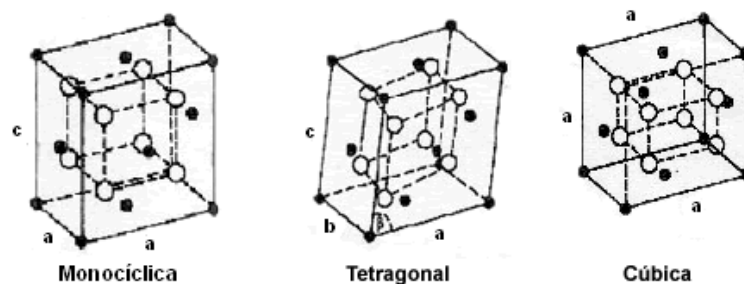


Figura 21 Fases de la zirconia.

La principal característica de las cerámicas de zirconio es la elevada tenacidad debido a su estructura que es altamente cristalina y presenta un mecanismo de refuerzo denominado, transformación resistente, que consiste en que una zirconia parcialmente estabilizada pasa de fase tetragonal a fase monoclinica ante una zona de alto estrés mecánico, adquiriendo un volumen mayor, evitando la propagación de grietas.<sup>23</sup>

Las propiedades de este material la hacen idónea para la elaboración de prótesis en zonas de alto compromiso mecánico.

- **Clasificación en función del sistema de procesado o técnica de aplicación de la cerámica**

Esta clasificación está basada en la manipulación que realiza el laboratorio en cuanto a su confección.

**-Con soporte metálico.** Se tiene un soporte metálico, el cual sirve para reforzar la prótesis. La porcelana se aplica directamente sobre la estructura mecánica la cual es termorresistente, presenta un punto de fusión mayor que la porcelana.

**-Sin soporte metálico.** Pueden ser coronas elaboradas sobre muñón refractario, o coronas cerámicas por inyección a presión, coronas coladas mediante la técnica de cera perdida y coronas fabricadas con sistema CAD-CAM.

- **Resistencia mecánica**

Estará dada por el contenido en su composición. Figura 22

**-Porcelanas de baja resistencia:** Feldespáticas y vitrocerámicas de bajo contenidos en cristales.

**-Porcelanas de moderada resistencia:** Vitrocerámicas de alto contenido en cristales y cerámicas aluminosas.

**-Porcelanas de alta resistencia:** óxido de alúmina-circonio y óxido de zirconia estabilizado con itrio.

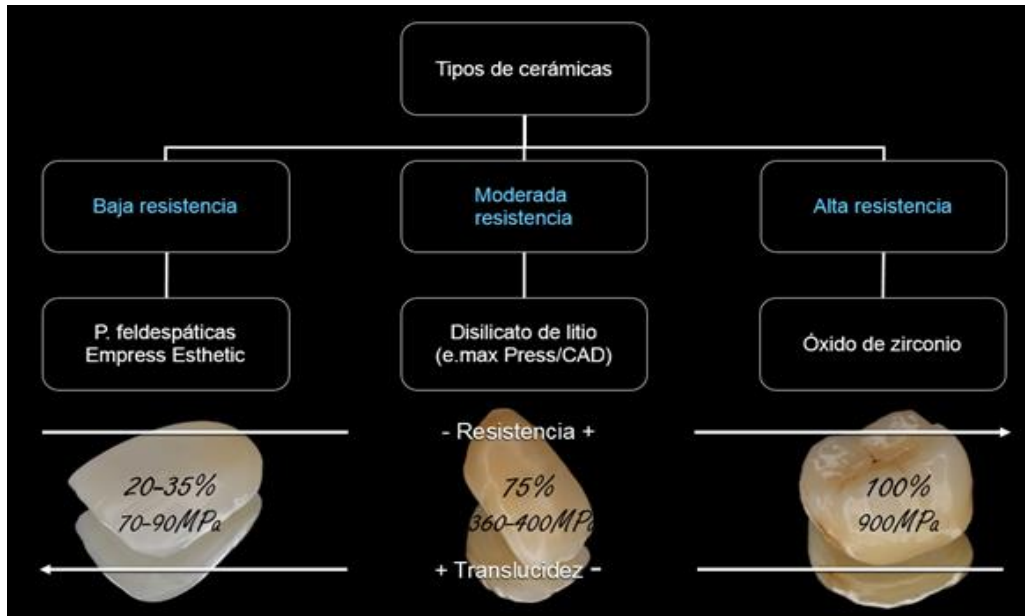


Figura 22 Resistencia mecánica.<sup>28</sup>

## 2.2 Propiedades de las cerámicas

Las propiedades de las porcelanas nos darán la pauta para la selección de cada una de ellas, es por ello la importancia conocer el comportamiento de estos materiales analizando los requerimientos básicos de una prótesis fija además de la preservación de las estructuras dentarias remanentes, como son resistencia a la fractura, ajuste marginal y estética. Figura 23



Figura 23 Estética de los materiales cerámicos.<sup>28</sup>

-Propiedades ópticas en la odontología: el mimetismo del material para ser utilizado como restauración esta dado por la translucidez, fluorescencia, brillo, transparencia, la reflexión de la luz y la textura presente en su estructura. Las cerámicas feldespáticas son las que mejores propiedades ópticas presentan debido a la translucidez, mientras que las cerámicas de alúmina y de zirconia son más opacas. Figura 24

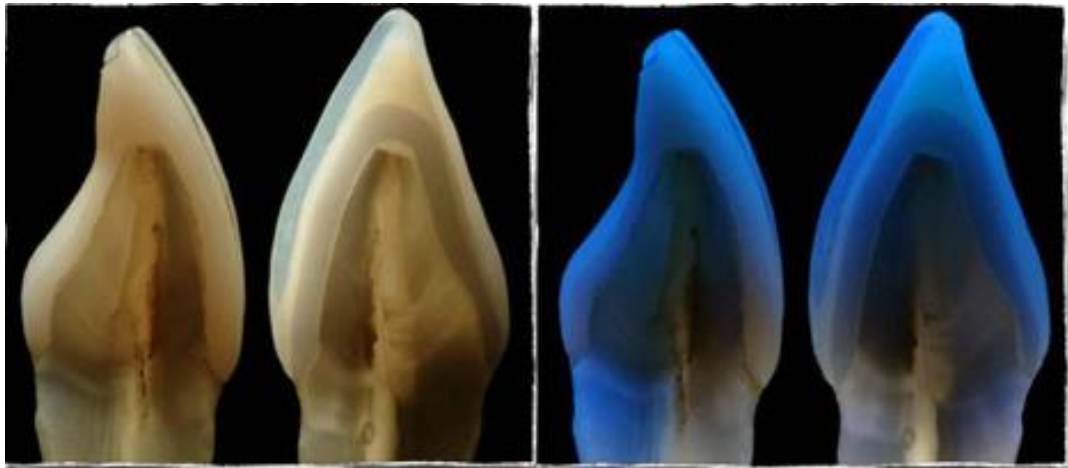


Figura 24 Traslucidez de corona elaborada con zirconia y corona de disilicato.<sup>24</sup>

-Propiedades térmicas, algunas cerámicas presentan baja conductividad térmica, presentan cambios dimensionales similares a los tejidos dentarios.

-Propiedades mecánicas, las cerámicas presentaran una buena resistencia a cargas compresivas, pero con menor resistencia a la tracción. La resistencia en las cerámicas aluminosas y circoniosas es mayor, son materiales que presentan resistencia a la abrasión. En casos donde existen hábitos parafuncionales como son el bruxismo y no hay un pulido adecuado en la estructura de la cerámica, puede existir un desgaste en el antagonista por la discrepancia en sus durezas.

-Propiedades biológicas, son materiales biocompatibles con los tejidos orales, se pueden adherir mediante procedimientos adhesivos. Debido a su estructura química no se alteran con los fluidos orales, al presentar rugosidades en su estructura puede retener placa dentobacteriana, por lo que es necesario dar un terminado con una superficie lisa.

## CAPÍTULO 3 USO DEL GRAFENO EN LA PRÁCTICA ODONTOLÓGICA

Actualmente la distribución de grafeno en el área dental se hace mediante Empresas del Grupo Grafeno. En México el distribuidor oficial de G-CAM discos estabilizados con grafeno CAD-CAM se hace mediante GF Dentalab S.A de C.V. y NANOMEX S.A de C.V. Figura 25



Figura 25 Discos de grafeno.<sup>30</sup>

Los laboratorios que manejan G-CAM se encuentran certificados por esta empresa, ya que deben cumplir las normas necesarias para que la calidad del material no sea afectada. El sistema productivo que utilizan en Graphenano Dental asegura que los productos de la compañía cumplan con todos los requisitos técnicos y sanitarios que son avalados mediante un exhaustivo control de calidad por ultrasonidos (Graphenano Ultrasonic Tester).

Los discos del grafeno forman parte de la nanotecnología para el sector dental creando biopolímeros nanorreforzados de grafeno de uso biológico mediante fresado CAD-CAM.<sup>30</sup>

Dentro de la nanotecnología los materiales poliméricos son materiales formados por dos o más fases, donde al menos una de las fases tiene escala nanométrica.

Los compuestos acrílicos son polímeros termoplásticos que tienen la capacidad de ablandarse o derretirse con el calor y volverse a endurecer con el frío, son impermeables al agua y de baja densidad, estas cualidades los hacen un material idóneo para la fabricación de distintos objetos entre los cuales incluyen: materiales moldeados, adhesivos y fibras textiles.<sup>14</sup>

Las matrices poliméricas pueden ser de origen sintéticos o natural, dentro de la categoría de los polímeros sintéticos se encuentran la familia de los acrilatos, los cuales pertenecen a un grupo de polímeros vinílicos. Los poliacrilatos se derivan de una polimerización de esteres de ácidos acrílicos y sales, cada monómero de acrílico contiene un grupo vinilo, un par de carbonos unidos por doble enlace que se unen al carbono por un grupo carboxilo, debido a la alta reactividad del doble enlace de estos carbonos, los acrilatos polimerizan fácilmente y pueden ser usados en una diversidad de adhesivos (figura 26).<sup>31</sup>

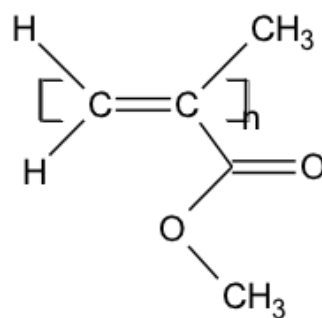


Figura 26 Estructura del monómero metacrilato de metilo.

Un compuesto nanoestructurado debe poder transferir de una manera eficaz el esfuerzo aplicado desde la matriz hacia los nanotubos, para permitirle tomar gran parte del mismo y así tener una distribución homogénea evitando las fracturas.



### 3.1 Propiedades

Las nanoestructuras basadas en el carbono, como los nanotubos de carbono y láminas de grafeno poseen propiedades mecánicas únicas, como lo son: una excelente rigidez y resistencia, poseen una elevada conductividad térmica y eléctrica lo que brinda mejores propiedades a los materiales empleados para la restauración en boca. <sup>14</sup>

La incorporación del grafeno a las resinas acrílicas brinda mejoras en sus propiedades mecánicas, aumentando el módulo de elasticidad, la tenacidad, reduciendo la aparición de grietas y/o la prolongación de las mismas, así como disminuyendo la contracción de la polimerización.

En las resinas autopolimerizables las mejoras no sólo van en su elevada resistencia al peso, sino también en elevada resistencia a la tracción, bajo coeficiente de expansión térmica, la gran capacidad de absorción y de lubricación, su flexibilidad y elevada superficie específica, haciendo que ésta tenga mayor durabilidad y resistan mejor las fuerzas de masticación (figura 27).<sup>30</sup>



Figura 27 Uso de coronas de grafeno en el sector posterior.

### 3.1.1 Propiedades físicas

Las propiedades físicas de la materia son las características visibles y propias de una sustancia que pueden ser medidas y no alteran la sustancia original.

- El disco G-CAM dispone de una amplia gama cromática, proporcionando una estética más natural a las prótesis dentales.

-Temperatura alta de transición vítrea (Tg): se entiende que es un punto intermedio de temperatura que evita su ablandamiento y distorsión durante su uso y limpieza.

-Mejora en la estabilidad dimensional de los polímeros para uso dental, permite que la prótesis dental no varíe su forma con el tiempo. En esto influyen no solo los mecanismos de ablandamiento térmico, sino también la liberación de tensiones internas, la polimerización incompleta del material o la absorción de agua.<sup>30</sup>

-Densidad baja del material lo que confiere que la prótesis sea ligera.

-Elevada conductividad eléctrica lo que permite responder a estímulos térmico, siendo de utilidad en aquellos casos donde se requiera hacer pruebas de vitalidad, ya que podrá generar estímulo en la estructura remanente del diente

-Radiopaco lo que permite ser identificado en radiografías.

-Traslucidez, este material da la transparencia necesaria para imitar la estética natural del diente, también nos permite obtener colores opacos para evitar transparencias de muñones con cambio de color o pernos metálicos (figura 28).<sup>30</sup>

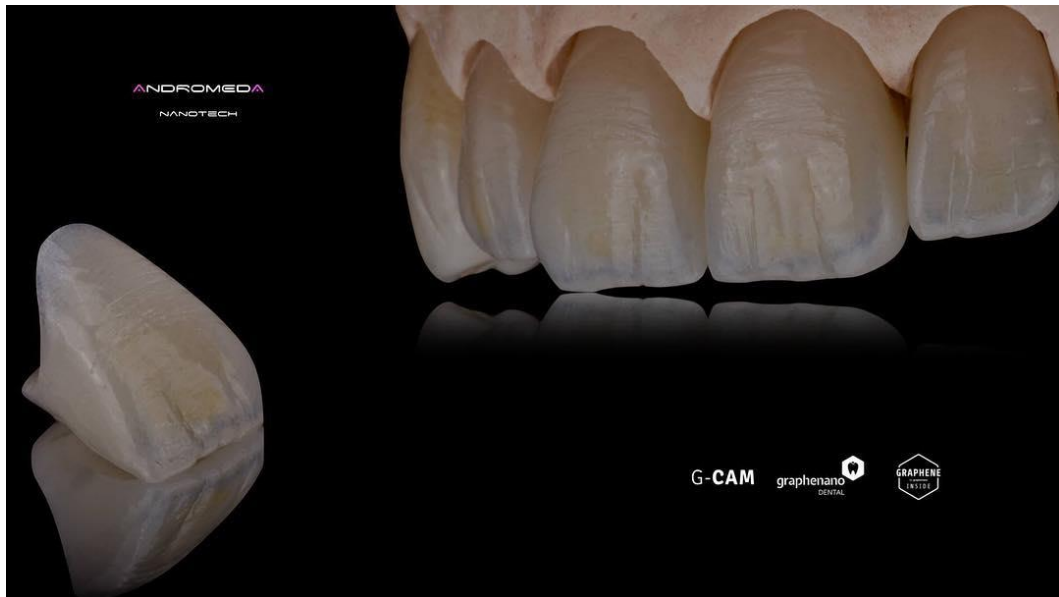


Figura 28 Naturalidad de las coronas de grafeno.

-Debido a la compactación estructural que presenta los polímeros reforzados con grafeno evita la proliferación de bacterias, cambios de color, retención de olores.

-No requiere de proceso de interfase durante el maquillaje de la pieza dental, es decir no se requiere meter al horno para realizar una cocción de porcelana debido a que una vez fresada la prótesis el maquillaje se realiza con resinas autopolimerizables reforzadas con grafeno, permitiendo disminución en tiempos de trabajo o sufrir alteraciones en su estructura por el calentamiento provocado durante cocción de la porcelana.

-No hay peligro de fractura ni de desprendimiento pues la estructura es resistente a las fuerzas de masticación debido a la distribución de las fuerzas en toda la estructura.

### 3.1.2 Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas, están relacionadas con las fuerzas exteriores que se ejercen sobre los materiales

-Módulo de elasticidad elevado, que permite evitar deformaciones por las tensiones generadas durante la masticación, al presentar resistencia a la deformación y límite de fatiga alto, se evitará que ocurran fracturas de la prótesis fija, que se provocan a menudo por mecanismos de fatiga en donde la acumulación de pequeñas tensiones de flexión permitirá la formación de pequeñas grietas que se propagarán dando lugar a la fractura.

- Dureza, al incorporar grafeno a las resinas acrílicas se aumenta la dureza que éstas presentan y se evitan desgastes, pues el disco G-CAM posee una gran resistencia a la abrasión que evita el excesivo desgaste provocados por la limpieza de las prótesis o la ingesta de alimentos. Los valores de dureza de las resinas acrílicas convencionales son relativamente bajos, especialmente si se comparan con las aleaciones usadas en odontología, lo que las predispone a ser desgastadas por la abrasión de ciertos alimentos, fuerzas masticatorias o hábitos parafuncionales del paciente.

La versatilidad de las resinas acrílicas reforzadas con grafeno permite la utilización de las mismas en la gran mayoría de tratamientos odontológicos rehabilitadores, minimizando los márgenes de error y asegurando la durabilidad del tratamiento.

- Módulo elástico: >3200 MPa
- Resistencia a la flexión: >140 MPa
- Dureza superficial: 88 Shore
- Absorción de agua: 4 µg/mm<sup>3</sup>
- Monómero residual: <0,004 %

### **3.1.3 Propiedades químicas**

Las propiedades químicas comprenden la reacción de una sustancia con respecto a otras sustancias, tanto en su comportamiento químico como en

la alteración de su composición creando, en consecuencia, una nueva sustancia.

El disco G-CAM no absorbe fluidos orales, o líquidos, lo que lo hace que las restauraciones elaboradas con éste sean insolubles, a su vez que evita que las propiedades mecánicas del material se vean alteradas y es totalmente higiénico debido a la conformación de su estructura atómica que evita el paso de moléculas.

El disco G-CAM ha superado las pruebas de citotoxicidad y genética realizadas por la Universidad de Alcalá y por el Instituto Valenciano de Microbiología (IVAMI).

Prueba de citotoxicidad in vitro. Norma ISO 10993-5:2009.

Prueba de reversión de mutaciones bacterianas. Normas ISO 10993-3:2014 y OECD 471:1997.<sup>30</sup>

### **3.2 Toma de color y propiedades estéticas**

Actualmente cuando hablamos de restauraciones altamente estéticas es necesario alcanzar los objetivos de forma, color y textura, para el rehabilitador el mimetizar la restauración definitiva, consiguiendo reproducir las características del diente natural, es el reto.

Se puede definir como color aquella percepción visual de la luz reflejada por un objeto, que es interpretada a través de los impulsos nerviosos enviados por los receptores de la retina al cerebro para su interpretación.<sup>25</sup>

El color puede ser descrito con base a las tres dimensiones del color que estableció Albert H Munsell en 1915, estas son tono, saturación y valor.

**-Tono** es el matiz o color propiamente dicho, hacen referencia a la longitud de onda dentro del espectro visible que predominan en la luz reflejada por

el propio objeto. Es una cualidad que diferencia una familia de colores de otra. En el diente natural el tono se encuentra en la dentina ya que el esmalte es translucido

**-Saturación** o intensidad, será la mayor o menor concentración de un color o tono, depende del grosor de la dentina y estará influido por la translucidez y el grosor del esmalte.

**-Valor** o brillo es la cantidad de luz que refleja un objeto, es una cualidad relacionada con la escala de grises, disminuir el valor es aumentar la cantidad de gris. El valor puede aumentar de dos maneras disminuyendo la saturación o aumentando la flexión de la luz (grosor y grado de translucidez).

El problema de la interpretación de color radica en que el diente es una estructura multicapas, cuyas capas presentan propiedades ópticas distintas y un grosor diferente a lo largo de la pared vestibular. Para poder obtener buenos resultados es necesario conocer las bases de la ciencia del color, así como los factores que intervienen en el diagnóstico.<sup>25</sup>

En la odontología el color más importante es el amarillo ya que es el color básico y predominante de los dientes, si queremos disminuir el valor en una restauración se debe de mezclar el amarillo con un violeta.

Debido a la composición que presentan las estructuras dentales se tiene que:

- Esmalte: al predominar la hidroxiapatita es muy translucido por lo cual, una capa de 1mm de grosor es capaz de dejar pasar hasta un 70% de la luz recibida.
- Dentina: presenta una menor proporción de material inorgánico y mayor contenido orgánico por lo cual presenta una menor translucidez, una capa de 1mm de grosor de dentina sólo deja pasar un 30% de luz.<sup>33</sup>

Las características en cuanto a color, forma y textura de los dientes en pacientes jóvenes son distintas a los dientes de los pacientes adultos es por ello que se debe tener presente estas características para así poder dar una mayor naturalidad a la restauración. Figura 29



Figura 29 Caracterización y estética de dientes elaborados con grafeno. <sup>30</sup>

Pacientes jóvenes:

- Menor saturación
- Menor valor
- Mayor translucidez incisal
- Lóbulos marcados
- Textura más marcada
- Superficie irregular
- Ángulos incisales más redondeados

Pacientes adultos:

- Menor saturación
- Mayor valor

- Menor translucidez incisal e incluso bordes incisales sin translucidez
- Lóbulos poco marcados
- Superficie lisa y pulida
- Ángulos incisales más rectos

En cuanto a la colorimetría que se maneja en las resinas acrílicas nanorreforzadas con grafeno, éstas se encuentran basada en la guía VITA Classical, G-CAM presenta 9 colores principales: A1, A2, A3, A3'5, B2, C2, CL2, transparente y rosa, lo cual permite la obtención de más colores mediante la caracterización con maquillajes fotopolimerizables en laboratorio. Figura 30



Figura 30 Discos de grafeno. <sup>30</sup>

La guía VITA Classical presenta 16 lengüetas y se encuentra ordenada por tonos de cuatro grupos que presentan cuatro tonos distintos (figura 31).<sup>34</sup>

- A, rojizo marronáceo
- B, es rojizo- amarillo
- C, es amarillo con un menor valor, es un subgrupo del B con menor valor, grisáceo
- D, es rojo-gris

El grupo A es el más frecuente pudiéndose hallar hasta en un 80% de los pacientes. <sup>25</sup>





Figura 31 Colorímetro VITA classical.

Dentro de cada tono la lengüeta tiene un número que acompaña a la letra correspondiente, el cual indica si va aumentando la saturación y va disminuyendo el valor.

Los discos de G-CAM puede encontrarse en dos formas diferentes:

- ❖ G-CAM Monochroma, de un solo color puro.
- ❖ G-CAM Multichroma, que posee una gama cromática única basada en colores naturales con alta translucidez.

Presenta dos formatos: multichroma y multilayer

- Multichroma: simplificar la transmisión de los colores de fondo de las restauraciones con el objetivo de conseguir la naturalidad de las restauraciones protésicas imitando los efectos ópticos de las piezas naturales.
- Multilayer: presenta una configuración horizontal, se genera un efecto banda de transición entre capas. La configuración de las estructuras naturales es vertical, de modo que la profundidad y los espesores crean los efectos de luz multicromática en el diente

natural. Graphenano Dental consigue estos efectos naturales mediante el manejo de espesores en boca, la zona más translúcida es el borde cervical, al ser colocado sobre el modelo, aumenta el croma en la zona cervical y la zona más translúcida pasa a ser el borde incisal, del mismo modo que en la configuración natural (figura 32).<sup>30</sup>



Figura 32 Translucidez de la restauración.

Hay que tener presente que el éxito de la guía de color depende de las condiciones del observador, de la fuente de luz con la que se va a valorar y de las condiciones del entorno.

Es conveniente no mirar la lengüeta de color y un diente por más de 5 segundos seguidos para evitar un efecto de imagen persistente negativa, los receptores se van saturando y así vamos perdiendo la capacidad de identificar el tono.

### 3.3 Preparación del diente pilar y toma de impresión

La preparación de un diente para prótesis fija varía dependiendo del material con el que se ha de restaurar, en la actualidad la preparación a nivel del margen se ha simplificado en dos tipos básicamente: chámfer ligero y chámfer profundo; este tipo de terminación es utilizada en restauraciones metálicas, ceramometálicas o restauraciones conservadoras de cerámicas, se realiza con fresas de diamante cilíndricas de punta redondeada.<sup>25</sup>

Las preparaciones para recibir restauraciones de grafeno, deben de tener una línea de terminación en chámfer o en hombro, esta línea de terminación permitirá que al cementar la corona el material fluya y se puedan eliminar excedentes, además al utilizar el sistema CAD-CAM, éste hace una buena lectura en las líneas de terminación bien definidas sin bisel, se deben de tener un espesores mínimos de 0.4 mm en las preparaciones, esto nos permitirá obtener mejores propiedades del material.

Tanto en dientes anteriores como posteriores se recomienda que el desgaste mínimo necesario a nivel cervical sea de 0.4 mm, teniendo como línea de terminación Chámfer, en caras axiales un desgaste de 0.6mm y de 0.6 mm en la zona incisal (figura 33).<sup>30</sup>

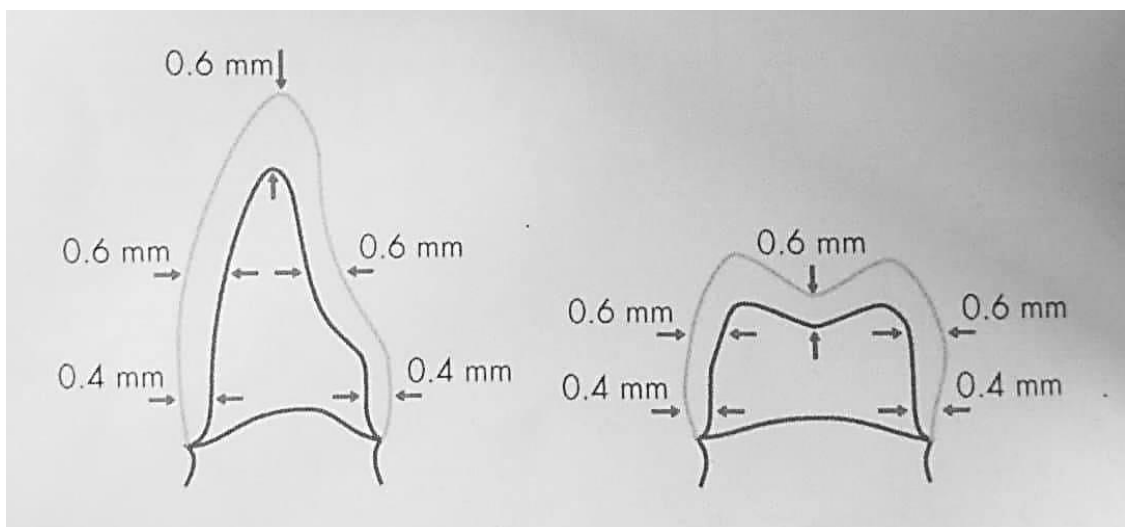


Figura 33 Espesor de pared en restauración.

El éxito a largo plazo estará dado por las condiciones de nuestra preparación, así como la retención y estabilidad que existe entre el diente tallado y la restauración.

Al tallar un diente se aconseja seguir una secuencia de pasos que consisten en:

- **Paso 1:** Reducción incisal y oclusal, iniciamos con una reducción incisal porque así sabremos la altura del diente que nos queda, esto nos permitirá saber que convergencia se debe de dar a la preparación Podemos apoyarnos con fresas de diamante de bola que servirán como guía para marcar planos de profundidad, debido a que se estará trabajando en esmalte es importante el uso de fresas de diamante para evitar el calentamiento y fractura de los cristales del esmalte. Es importante el respetar la anatomía de la cara a tallar, en caso de los molares, cúspides, vertientes.
- **Paso 2:** Reducción de las caras axiales, vestibular y lingual o palatina, se sugiere marcar surcos de profundidad como referencia con fresas de diamante en forma de bola o fresas de profundidad. En dientes anteriores se debe de tener en cuenta que la cara vestibular presenta una convexidad que se debe de tener en el muñón tallado. El motivo de tallar en dos planos es para preservar la vitalidad del tejido pulpar y a la vez dar un grosor adecuado en la zona incisal que permitirá una mejor estética.
- **Paso 3:** Reducción proximal, se tiene que tener en cuenta evitar dañar la estructura del diente contiguo.
- **Paso 4:** Pulido y acabado del tallado, se realizará una evaluación de la preparación, se realizará con fresas de grano fino, la finalidad es perfilar los detalles. Figura 34



Figura 34 Preparación de diente pilar. <sup>25</sup>

- Toma de impresión

Después de realizar la reducción adecuada del diente, la impresión debe de reproducir de la manera más exacta, la forma y la posición de los dientes pilares, es por ello que para realizar toma de impresión se debe de tener en consideración: la exposición de los márgenes de tallado, el material con el que se realizará la impresión debe de tener estabilidad dimensional para evitar distorsiones o deformaciones a su vez debe de tener una recuperación elástica completa para obtener un modelo idéntico a la realidad de la boca y la salud de la encía circundante ya que no debe de haber sangrado dado que los materiales de impresión son hidrofóbicos, no haber inflamación de los tejidos para evitar alteraciones en cuanto a margen de la encía, líneas de terminación y por ende sea vea afectada la restauración definitiva por la discrepancia existente entre el modelo y la boca del paciente.

Al ser restauraciones definitivas deben de ser tomada con poliviniles ya que confieren mejores propiedades de reproducción y estabilidad. Cuando se desean elaborar guardas de grafeno se pueden tomar impresiones con alginato.

La obtención del positivo se puede hacer mediante el vaciado con yeso tipo IV o se puede realizar mediante el escaneo de la impresión tomada, generando un modelo virtual en el cual se ha de diseñar la restauración.

### 3.4 Procesado en laboratorio, sistema CAD-CAM

El proceso del diseño y elaboración de la prótesis con G-CAM se hace con sistema CAD-CAM, la presentación de es este material viene en discos por lo cual se necesita un fresado automático. Figura 35



Figura 35 Disco de grafeno.<sup>30</sup>

El procedimiento de la elaboración de la estructura protésica se lleva a cabo mediante los siguientes pasos:

- Escaneado:

En la clínica se hace directamente en la boca mediante un escáner intraoral óptico, lo que agiliza procedimientos eliminando la toma de impresión convencional.

En el laboratorio, se realiza mediante un escáner de sobremesa, en el cual se digitalizan el modelo de yeso obtenido tras la impresión con polivynil o alginato, se puede también escanear la impresión de polivynil y así obtener una copia digital de la impresión.

El escáner puede ser táctil mediante dispositivos en forma de bola (bola metálica o bola de zafiro) y escáner óptico que pueden utilizar una cámara de video o fotografías múltiples.

- Diseño

La revolución del software, nos permite diseñar virtualmente en 3D, al tener digitalizado el modelo se puede planificar la estructura de la prótesis fija en cuanto a dimensiones, formas y sellado. Lo cual permitirá un mejor ajuste ya que el margen de error es mínimo.

- Fresado CAM

El fresado de disco de G-CAM utiliza un sistema similar al tallado de discos PMMA, donde el tallado se puede realizar sin la necesidad de irrigación debido a que son materiales con menor dureza que el metal, disilicato de litio y cerámicas feldespáticas, no se genera calor durante el tallado. En esta etapa se reproducirá el diseño establecido anteriormente.

- Obtención y verificación anatómica de la pieza protésica

Al obtener las piezas de restauración se corroborará en el modelo que el sellado sea el adecuado, que la reproducción no haya tenido alteraciones, de ser así se harán las modificaciones pertinentes en cuanto a sellado y ajustes, es posible agregar resinas autopolimerizables reforzadas con grafeno pues tendrán una excelente adhesión a la estructura.

- Maquillaje y glaseado de piezas fotopolimerizables

La caracterización de las coronas se realizará mediante resinas reforzadas o stayns. El proceso se puede llevar a cabo mediante dos técnicas, caracterización por base en superficie o por estratificación con mufla transparente, en esta última se retira parte de la estructura para que sea sustituida por resina la cual le brindará mayor estética. Todo procedimiento de estratificación se terminará en horno de fotocurado.

Al terminar el maquillaje de las piezas, la superficie interna se preparará mediante un grabado con óxido de aluminio, que permitirá generar micro retenciones. Figura 36

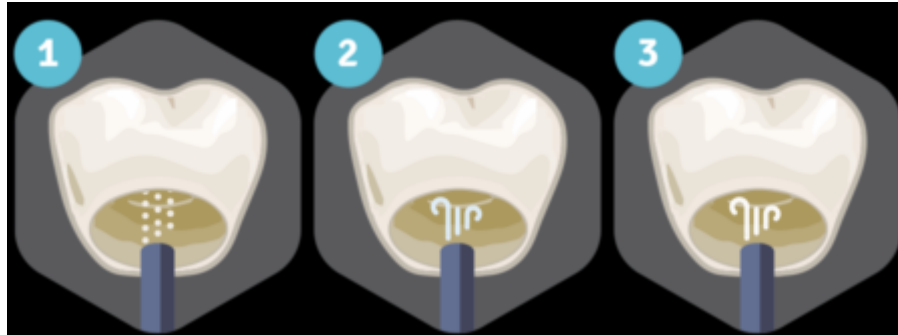


Figura 36 Proceso de laboratorio, limpieza de la corona de grafeno.<sup>30</sup>

1. arenado con óxido de aluminio (10um; 3.5 bar), 2. limpiar con vapor, 3. secar con aire a presión

### 3.5 Ajuste y proceso de cementación

El ajuste se realiza al corroborar la oclusión del paciente si es necesarios hacer desgaste, se hace mediante fresones y pulidores, no es necesario algún material extra, o equipo sofisticado lo que permite realizarlos de manera rápida ya adecuada. El proceso de cementación se llevará a cabo mediante la preparación interna de la corona y el tejido dentario. Figura 37

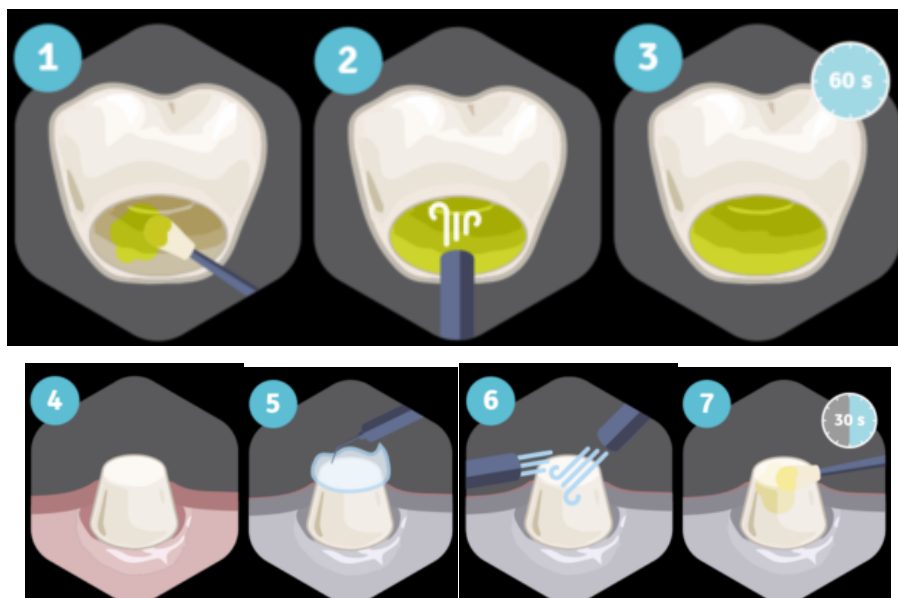


Figura 37 Proceso clínico, limpieza del diente preparado. <sup>30</sup>

1. grabado de corona, 2. eliminación de exceso, 3. dejar secar por 30 seg., 4. limpiar y aislar el diente con dique, 5. aplicación de gel grabador (ácido ortofosfórico al 37%), 6. Enjuagar, 7. Aplicación de silano (30seg).



Se recomienda usar como material cementante cementos duales, son sistemas de dos componentes que requieren de un mezclado, tal y como ocurre en los sistemas de activación química. La reacción química es lenta lo que proporciona un tiempo de trabajo más largo hasta que el cemento se expone a la luz, momento en el cual se solidifica con rapidez. La composición básica de la mayoría de los cementos de resina es similar a los materiales para restauración de resina compuesta.

Su compatibilidad química con los adhesivos dentinarios promueve una perfecta y estable la unión con el diente restaurado, el aumento de la longevidad de la restauración clínica de prótesis. Figura 38



Figura 38 Cementado.<sup>30</sup>

8. aplicación de cemento dual, 9. Colocar y hacer presión para que el material fluya y se retiren excedentes, 10. Polimerización por 30 segundos

## CAPITULO 4 COMPARACIÓN GRAFENO, ZIRCONIA Y DISILICATO DE LITIO

Actualmente en la elaboración de prótesis fijas libres de metal, se emplea el uso de cerámicas, en las que han trascendido el uso de zirconia y disilicato de litio, con estratificaciones de cerámica feldespáticas para brindar mayor naturalidad. Ahora la posibilidad de emplear grafeno en la elaboración de prótesis fijas se centra en las propiedades y comportamiento que presenta este material.

**El grafeno** es una alotropía del carbono, se obtiene mediante un proceso de exfoliación mecánica de una lámina de grafito.

En el uso dental lo encontramos como un biopolímero reforzado con nanopartículas de grafeno, lo que les confiere mejores propiedades a los polímeros, permitiendo elaborar estructuras protésicas de un grosor mínimo y con excelentes propiedades

Su confección es en discos para ser trabajados mediante sistema CAD-CAM.

**La zirconia** es uno de los materiales de vanguardia en la odontología moderna. Es un metal de transición blanco grisáceo, brillante y muy resistente a la corrosión. Es más ligero que el acero con una dureza similar a la del cobre, cualidades que lo hacen idóneo para la elaboración estructuras dentales libres de metal.

Los cristales de zirconia pueden ser organizados en tres diferentes patrones: monoclinica (M), cúbica (C) y tetragonal (T). La zirconia estabilizada con itrio, es conocida como zirconia tetragonal policristalina (TZP) y es actualmente la combinación más estudiada.<sup>35,36</sup>

**El disilicato de litio** es una evolución de la cerámica Empress I de IvoclarVivadent. Los cristales de disilicato de litio y ortofosfato de litio alcanzan un 50-60%, quedando solo un 40% de matriz vítrea.

En e.max Press y e.max CAD los cristales de disilicato representan un 75% y la matriz vítrea supone sólo 25%. Presentan una mayor resistencia a la fractura que su antecesor debido al contenido de cristales.

#### 4.1 Propiedades

Las propiedades son el conjunto de características que hacen que los materiales se comporten de una manera determinada ante los estímulos externos. Las propiedades que presentan estos materiales, grafeno, zirconia y disilicato de litio, son principalmente dureza, módulo de elasticidad y resistencia a la flexión, se enuncian en la tabla 3.

<b>GRAFENO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Módulo elástico: &gt;3200 MPa</li> <li>-Resistencia a la flexión: &gt;140 MPa</li> <li>-Dureza superficial: 88 Shore</li> <li>-Absorción de agua: 4 µg/mm<sup>3</sup></li> <li>-Monómero residual: &lt;0,004 %</li> </ul>
<b>ZIRCONIA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Módulo de elasticidad de 900-1500MPa</li> <li>-Resistencia a la fractura 6-10 MPa •m<sup>½</sup></li> <li>-Baja conductividad térmica 2-2.7W/(m•°k)</li> <li>-Elevada dureza 1200 Vickers</li> <li>- Muy refractario</li> </ul>
<b>DISILICATO DE LITIO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Flexión de 300 y 400 Mpa</li> <li>-Resistencia a la fractura 2.8-3.5 Mpa•m<sup>½</sup></li> <li>- alta estética</li> <li>-manipulación de grosores desde 1 mm</li> <li>-CET de 10,2x10<sup>-6</sup></li> <li>-Alta estética</li> </ul>

Tabla 3 Propiedades de grafeno, zirconia y disilicato de litio. <sup>FD</sup>

Debido a las diferentes propiedades que presentan el **grafeno** como son: elasticidad, dureza, alta resistencia, alta conductividad térmica y eléctrica, es considerado un excelente nanorrefuerzo especialmente cuando interactúan con matrices poliméricas; debido a su módulo de elasticidad >3200MPa, tiene una gran resistencia a la fractura sin deformarse, propiedad muy útil en zonas de alta tensión por las fuerzas masticatorias. Lo que permite ser usado en zonas posteriores o en pacientes que presentan bruxismo.

Al eliminar impurezas en su estructura que generan dispersión, se convierte en conductor, a pesar de ser una alotropía del carbón, además permite que sus electrones se comporten como partículas sin masa que pueden moverse libremente por toda la lámina la conducción es semejante al cobre, necesita una menor cantidad de calor para el transporte de energía, permitiendo realizar pruebas de vitalidad.

La resistencia a la fractura del **óxido de zirconia** se debe a que, en el momento de una fisura, ésta produce un aumento de energía provocando presiones tangenciales y un cambio de estructura, pasando de su forma tetragonal a la monoclinica generando un incremento de volumen del 3% a 4.7% y por consiguiente se detiene el progreso de la grieta por las fuerzas de compresión. La zirconia presenta un elevado módulo de elasticidad que se encuentra entre los 900 MPa a 1500 MPa y una dureza de 1200 Vickers por lo cual funciona como un refuerzo alternativo para la porcelana.<sup>26, 36, 37</sup>

El **disilicato de litio** presenta propiedades de: flexión de entre 360 y 400 MPa, resistencia a la fractura de 2.8-3.5 MPa•m<sup>1/2</sup>, lo que da lugar a posibles fracturas en zonas de alta tensión de fuerzas masticatorias; alta estética las pastillas y bloques de fresado presentan cinco grados de translucidez-opacidad, grosor de trabajo desde 1mm, coeficiente de expansión térmica ajustado con un valor de 10,2x10<sup>-6</sup>.

Comparativamente los valores de resistencia a la fractura son una tercera parte de los valores que se derivan del óxido de zirconio. Tabla 4

Cerámicas	Composición química	Resistencia flexural	Indicaciones	Recubrimiento	Cementación
Feldespáticas	Caolín Feldespato Cuarzo Leucita	100-300Mpa	Recubrimiento de metal Carilla Inlay's Onlay's Corona anterior	No es necesario	Cementos híbridos de resina dual
Disilicato de litio		360MPa	Carillas Inlay's Onlay's Corona anterior	Cerámicas feldespáticas con técnica de estratificación	Cementos híbridos de resina dual
Sistemas de alúmina	Óxido de aluminio $Al_2O_3$	300-600Mpa	Carillas Inlay's Onlay's	Cerámicas feldespáticas con técnica de estratificación	Cementos híbridos de resina dual
Sistemas de alúmina reforzadas con zirconia	67% óxido de aluminio $Al_2O_3$ 33% óxido de zirconio $ZrO_2$	720 MPa	Corona anterior Corona posterior Inlay's Onlay's Puentes con retenedores tipo inlay'y onlay's Sobreimplantes Puentes de 3,4 o 6 unidades	Cerámicas feldespáticas con técnica de estratificación	Cementos híbridos de resina dual, hay que agregar un primer para zirconia
Sistemas de zirconia	Oxido de zirconio $ZrO_2$	750- 900 Mpa	Corona anterior Corona posterior Inlay's Onlay's Puentes con retenedores tipo inlay'y onlay's Sobreimplantes Puentes de 3,4, 6 y 14 unidades	Cerámicas feldespáticas con técnica de estratificación	Cementos híbridos de resina dual
Sistema de zirconia Y-TZP-A	91% óxido de zirconio $ZrO_2$ 5% óxido de itrio $Y_2O_3$ 3% óxido de hafnio $HfO_2$ <1% óxido de aluminio $Al_2O_3$	1000 Mpa- 1.2 Gpa	Corona anterior Corona posterior Inlay's Onlay's Puentes con retenedores tipo inlay'y onlay's Sobreimplantes Puentes de 3,4, 6 y 14 unidades	Cerámicas feldespáticas con técnica de estratificación	Cementos híbridos de resina dual

Tabla 4 Tipos y usos de los diferentes sistemas cerámicos. <sup>26</sup>

Teniendo en cuenta cada una de las propiedades de grafeno, zirconia y disilicato de litio sus aplicaciones odontológicas se pueden resumir en la tabla 5.

Tipo de prótesis	PMMA	Metal	Zirconia	Disilicato de litio	G-CAM
Coronas individuales	√	√	√	√	√
Prótesis de 3 unidades	X	√	√	X	√
Prótesis de más de 2 pósticos	X	√	√	X	√
incrustaciones	√	√	√	√	√
Carillas	X	X	X	√	√
Prótesis completas	√	X	X	X	√
Rehabilitaciones directas en implantes	X	√	√	X	√

Tabla 5 Comparativa de soluciones dentales .<sup>30</sup>

Los tres materiales se pueden emplear en diversos tipos de prótesis fijas, sin embargo, los discos de G-CAM, son aplicables en la mayoría de tratamientos protésicos fijos.

#### 4.2 Tiempos de trabajo

A realizar una rehabilitación habitual en laboratorio puede llevar más de 20 horas de trabajo. La manipulación del grafeno rentabiliza el tiempo de trabajo, ya que, una vez fresado, no hay que sinterizarlo ni vitrificarlo, simplemente se maquilla con tinciones fotopolimerizables y está listo en media hora (figura 39).<sup>30</sup>



Figura 39 Maquillaje de corona de grafeno.

En cambio, los productos cerámicos conllevan más tiempo de trabajo, una vez que han sido fresado son manufacturados, compactando polvos o partículas en matrices que son posteriormente calentados a enormes temperaturas para enlazar las partículas entre sí.

Las etapas básicas para el proceso de cerámica de aglomeración de partículas son: preparación de material; moldeado o fundido; tratamiento térmico por secado y horneado por calentamiento de la pieza de cerámica a temperaturas suficientemente altas para mantener las partículas enlazadas. Figura 40

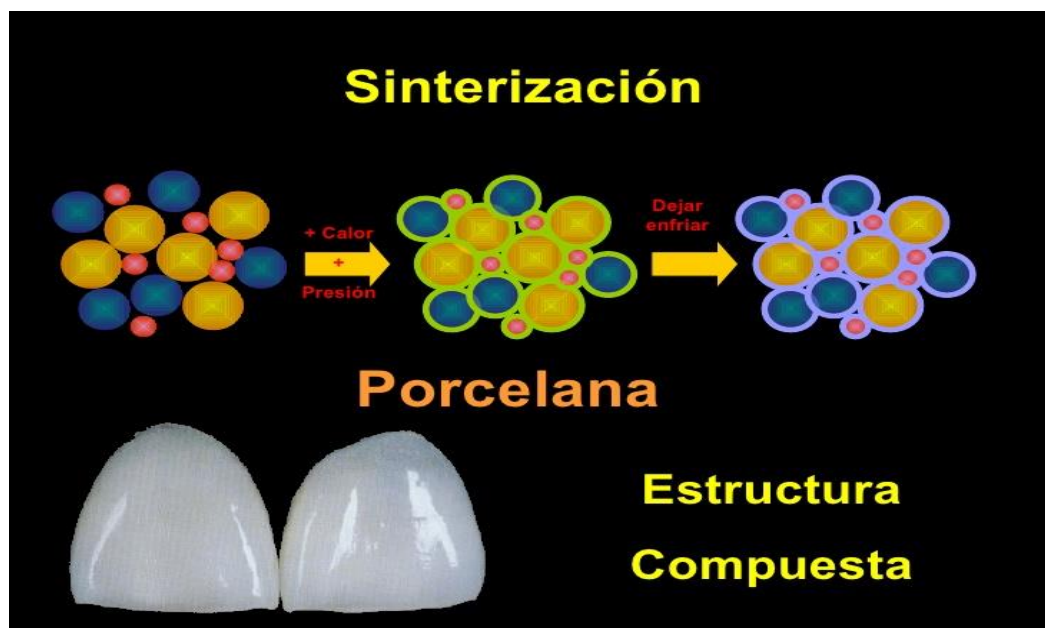


Figura 40 Sinterización de cerámicas. <sup>38</sup>

El proceso por el cual se consigue que pequeñas partículas de un material se mantengan unidas por difusión al estado sólido se llama sinterización. En la fabricación de cerámicas este tratamiento térmico se basa en la transformación de un producto poroso en otro compacto y coherente

En el proceso de sinterizado las partículas coalescen por difusión al estado sólido a muy altas temperaturas, pero por debajo del punto de fusión del compuesto que se desea sinterizar. En la sinterización, la difusión atómica tiene lugar entre las superficies de contacto de las partículas a fin de que resulten químicamente unidas.

### 4.3 Estética

Los colores que componen la luz siguen los principios de la síntesis aditiva, cuando añadimos un foco de luz de un color a otro de un color distinto, el color resultante es percibido por el ojo humano como más claro. Los pigmentos que se utilizan para realizar las coronas estéticas siguen el principio de la síntesis sustractiva, según ésta, el color que percibimos en un determinado objeto depende de qué partes del espectro electromagnético estén reflejadas por él, qué partes son absorbidas o sustraídas por él.<sup>25</sup> Figura 41

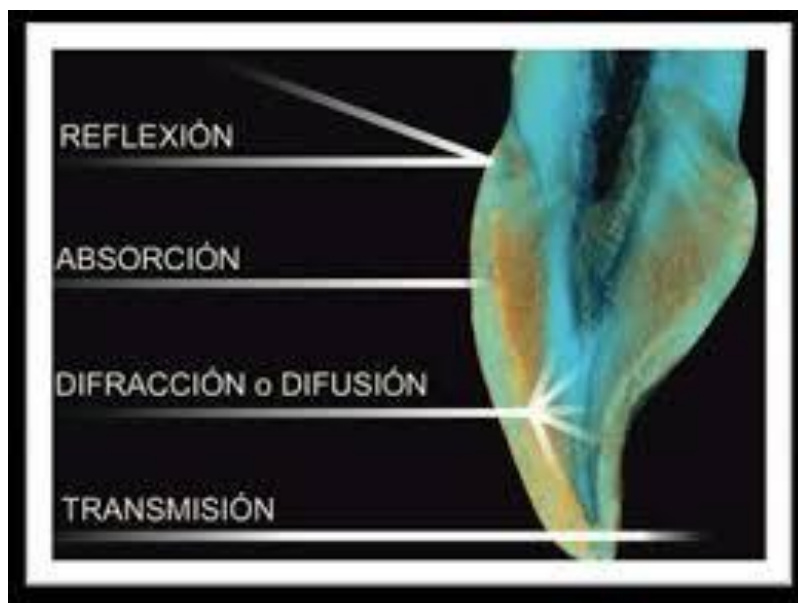


Figura 41 Propiedades ópticas del diente. <sup>39</sup>



Las cerámicas sin metal al permitir la transmisión de luz a través del cuerpo del diente permiten mayor mimetismo.

Es importante señalar que la matriz vítrea es la responsable de la translucidez, por lo cual las cerámicas con una mayor fase vítrea, como son, feldespáticas serán más estéticas.

Las cerámicas aluminosas y circoniosas apenas presentan fase vítrea por lo tanto son menos transparentes, su grado de translucidez se puede controlar mediante dos factores: grosor de la estructura, puesto que a mayor grosor mayor opacidad y el otro es el color de la estructura.

El grafeno al tener variantes en la estructura de sus discos permite tener una alta estética, al ser un material polimérico permite el paso de luz lo que da como ventaja buena difracción, presenta tonalidades translucidas y opacas que permitirán ocultar pigmentaciones dentales.

La labor del ceramista en este aspecto de importancia, puesto que debe saber manipular de manera extraordinaria los pigmentos para tener excelentes resultados.

## CONCLUSIONES

Como profesionales de la salud debemos ir evolucionando a la par del desarrollo de la odontología, para brindar mejores soluciones en la planificación de un tratamiento, conociendo las propiedades que se ofrecen en cada material o técnica, sus ventajas o desventajas, las aplicaciones que se le puede dar y así poder cubrir las necesidades de un paciente de manera más eficaz.

Los materiales cerámicos, brindan alternativas a las restauraciones metálicas, proporcionan buenas propiedades, las cuales al conocerlas se pueden aplicar de manera correcta en los tratamientos y por ende mejores beneficios al paciente.

Al presentar una estética aceptable, el grafeno nos da la oportunidad de utilizarlo en la zona anterior, no obstante, ya que el maquillaje se hace mediante resinas, da la pauta a valorar, si es el material adecuado para la elaboración de restauraciones altamente estéticas como son el caso de carillas mínimamente invasivas.

Desde un punto de vista estético una restauración fija elaborada con porcelana feldespática estratificada será mejor opción que una monolítica o maquillada, por ello en el sector anterior, las restauraciones monolíticas o maquilladas no serán la primera opción, siempre se optará por restauraciones recubiertas con porcelana feldespáticas.

A pesar de que el grafeno es un material muy nuevo, las propiedades que se han obtenido hasta el momento demuestran que puede ser utilizado en diversas áreas, por lo cual, no se limita sólo al área dental o área médica.

No se debe de excluir la posibilidad de que en el área dental podría ayudar en cirugías periodontales o maxilofaciales, en virtud de ser un material que está siendo considerado para la elaboración de implantes de hueso o

membrana, no sólo limitándose en la elaboración de restauraciones protésicas, ya que se ha visto que es un material biocompatible y que debido a su estructura no permite el crecimiento de bacterias.

Las estructuras elaboradas con grafeno se han enfocado en obtener un nuevo material cómodo en cuanto a manipulación, preciso y duradero, además de tener una buena estabilidad estructural, ser biodinámico y biocompatible, en la elaboración de prótesis fija las propiedades que presenta hasta este momento son aceptables.

Los costos de este material se encuentran dentro de los valores de una porcelana y la accesibilidad en cuanto a laboratorios que lo manejen es buena, en la Ciudad de México ya hay laboratorios capacitados para la manipulación del material.

Grafeno es un material nuevo y por lo cual aún se siguen realizando estudios para conocerlo más, no hay que descartar la posibilidad de que sus aplicaciones futuras sea aún más innovadoras, hoy por hoy se puede considerar como una alternativa para la elaboración de prótesis fija dental.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Oca J. [Online]. [cited 2019 Enero 28. Available from: <https://jesusdavidoca.blogspot.com/2017/07/protesis-dentales-waterloo-ricos-europeos.html>.
2. Rodríguez Ortiz F. Prótesis dental parcial y removible Guia de estudio profesionales Dde, editor.: Facultad de Odontología; 2002.
3. Mezzomo E. Rehabilitación oral para el clínico. 1st ed. Caracas Venezuela : ALMOCA ; 2003.
4. Clínica Lascara Litner. [Online]. [cited 2019 enero 28. Available from: <https://www.clinicadentallacasa.es/tratamiento-protesis-dental-valdemoro/>.
5. Shillingburg H. Fundamentals of Fixed Prosthodontics. 3rd ed. Barcelona : Quintessence; 2000.
6. Castañeda C. Análisis radiográfico de pilares prótesicos en el sector posterior y su relación con la Ley de Ante. [Online]. [cited 2019 Enero. Available from: <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/5320/1/UDLA-EC-TOD-2016-34.pdf>.
7. Milliding P. Preparations for Fixed Prosthodontics. 1st ed. Venezuela: AMOLCA ; 2013.
8. Esmalte dental. [Online]. [cited 2019 Enero 28. Available from: <http://esmaltedental.blogspot.com/>.
9. In Dentina. [Online]. Madrid: Ripano [cited 2019 enero 28. Available from: <https://es.slideshare.net/cdfesaragoza/dentina-10243517>.
10. Cacciacane O. Prótesis, Bases y fundamentos. 1st ed. Madrid : Ripano; 2013.
11. Cadafalch Gabriel E, Cadafalch Cabani J. Manual Clínico de prótesis fija. 1st ed. Madrid : HARCOURT BRACE ; 1998.

12. Shillingburg H. Rehabilitación Oral. [Online]. [cited 2019 Febrero 14. Available from: <https://rehabilitacionoralblog.wordpress.com/2017/05/07/fundamentos-esenciales-en-protesis-fija-herbert-shillingburg/>.
13. Info Grafeno. [Online]. [cited 2019 febrero. Available from: <https://www.infografeno.com/>.
14. Ramírez L, Sáenz A, López L, Castañeda A. Nanomateriales poliméricos, acrílicos basados en grafeno y NTC's. AQM- UAdeC. 2014; 6(12): p. 12-17.
15. Moyano MA, Gracia Pellicer A, Torres del Catillo MA, Martín Martínez JM. Potencial de adición de nanofibras de grafeno en la mejora de las propiedades de resina acrílica para base de dentadura. Gaceta dental:industria y profesiones. 2015;(274): p. 106-121.
16. I. KM. Graphene: carbon in two dimentions. Materials today (Paises bajos). 2007; 10(1-2): p. 20-27.
17. Treball de Recerca DBC. Estudio , aplicaciones y obtención de grafeno. [Online].; 2014 [cited 2019 febrero. Available from: <http://www.nanomadrid.es/wp-content/uploads/2014/10/Trabajo-del-Grafeno Daniel Bosch.pdf>.
18. Rodríguez González , Vasilievna Kharissova. Propiedades y aplicaciones del grafeno. Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, UANL, Ingenierías. 2018; XI(38): p. 17-23.
19. Stankovich S, Dikin DA, Dommett GH, Kohlhaas KM, Zimney EJ, Stach EA, et al. Graphene-based composite materials. Nature. 2006; 442(7100): p. 282-286.
20. Méndez Roja MÁ, Enciso Barros. El grafeno: entre la serendepia, cinta adhesiva y emigrantes. Open Access Bajo livencia CCBY\_NC-ND. 2011;; p. 72-74.
21. Grafeno sin fronteras, Grafeno en la medicina. [Online]. Available from: <https://elgrafenodevizcaya.wordpress.com/el-grafeno-en-la-medicina-2/>.

22. Área Tecnología , Grafeno. [Online].; 2019. Available from: <https://www.areatecnologia.com/grafeno.htm>.
23. Martínez Rus , Pradíes Ramiro , Suárez Garcia MJ, Riveras Gómez. Cerámicas dentales: clasificación y criterios de selección. RCOE. 2007; 12(4): p. 253-263.
24. IvoclarVivadent. [Online]. [cited 2019 Marzo. Available from: <http://www.ivoclarvivadent.es/es-es/>.
25. Mallat Callís , Cadafalch Cabaní J, de Miguel Figuro. Las claves de la prótesis fija en cerámica. 1st ed. Valencia: LISERMED EDITORIAL SL ; 2018.
26. Salgado Aldés A, Flores Cortéz MA, Cuevas González BG, Delgadillo. Análisis comparativo de materiales cerámicos de recubrimiento para uso dental. Revista de sistemas experimentales. 2006; 3(6): p. 13-10.
27. Textos científicos, Cerámica estructural de zirconia. [Online].; 2006 [cited 2019 Marzo. Available from: <https://www.textoscientificos.com/quimica/ceramicas-avanzadas/zirconia>.
28. Callís EM. PROSTHODONTICSMCM ¿Qué sistema cerámico estará indicado en cada caso ? [Online]. [cited 2019 Marzo. Available from: [http://prosthodonticsmcm.com/que-sistema-ceramico-estara-indicado-en-cada-caso-2/?upm\\_export=print](http://prosthodonticsmcm.com/que-sistema-ceramico-estara-indicado-en-cada-caso-2/?upm_export=print).
29. García JAB. Fotografía dental. [Online]. [cited 2019 Marzo. Available from: <http://dentalfotografia.blogspot.com/2012/11/fotografia-dental-artistica.html>.
30. Copyright Graphenano Dental. [Online]. [cited 2019 Marzo. Available from: <https://graphenanodental.com/>.
31. Charles P, Poole F, Owens J. Introducción a la nanotecnología. 1st ed. Barcelona España: Reverte S.A.; 2003.

32. Raptis NV, Michalikis , Hirayama H. Optical behavior of current ceramic system. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2006 Febrero; 26(1): p. 41.
33. Edelstein A, Cammarata R. *Nanomaterials, Sinthesis, Properties y applications*. Institute of physics Publishing, Bristol. 1999; 40: p. 104.
34. Guía de colores VITA. [Online]. [cited 2019 Marzo. Available from: [1. https://www.vita-zahnfabrik.com/es/Guia-de-colores-VITA-classical-A1-D4-39702,27568.html](https://www.vita-zahnfabrik.com/es/Guia-de-colores-VITA-classical-A1-D4-39702,27568.html)].
35. Pimentel HJ. Zirconia para rehabilitación completa maxilar sobre implantes. *Revista Odontológica Mexica, Facultad de Odontología*. 2015; 19(1): p. 43-47.
36. Manicone PF, Rossi I, Raffaelli L. An overview of zirconia ceramics: basic properties an clinical applications. *J Dent*. 2007; 35(11): p. 819-826.
37. X.B. B. Zirconio, la respouesta. *Dental Dialogue*. 2006; 3: p. 56-63.
38. In Slide Share, Cerámicas de uso odontológico. [Online]. [cited 2019 Marzo. Available from: [1. https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcS2cjHxnCTA-tVc-W6GNP3N3BnWCn1shLfqFlk7limNtTONahx1](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcS2cjHxnCTA-tVc-W6GNP3N3BnWCn1shLfqFlk7limNtTONahx1)].
39. Martha S. Departamento de prótesis bucofacial UCM. [Online]. [cited 2019 Marzo. Available from: <https://eprints.ucm.es/28438/1/Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20concordancia%20de%20tres%20m%C3%A9todos%20de%20registro%20de.pdf>].