



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

**VALORACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS  
DE COMPOSITOS DE NANORRELLENO**

**T E S I N A**

**Que para obtener el Título de:**

**CIRUJANO DENTISTA**

*Presenta:*

**DANIEL OCTAVIO GUZMÁN MUCIO**

**DIRECTOR: MTRO. JORGE GUERRERO IBARRA**

**MÉXICO, D.F.**

**2005**

m 349328

VoBo

*A mi madre:*

Gracias por darme siempre tu apoyo y cariño incondicional. El llegar a éste momento fue más fácil por que me motivaste siempre, confiaste en mi y nunca dudaste que podía lograrlo. Siempre estás en mi corazón.

*Esmeralda y Nallely:*

Saben que las quiero con todo mi corazón y que mejores hermanas no podría tener. La vida no fue fácil, pero estando juntos los tres la hicimos muy agradable. Ahora estamos mejor, pero el sentimiento no ha cambiado, las sigo queriendo mucho.

*A mi padre:*

Por darme la vida, y sobre todo, por enseñarme a ganarla.

*Los Mucio Patiño:*

*Chabelita:*

Gracias por tu cariño y por tu sabiduría que sólo dan los años, nos separa la distancia, pero nos une el cariño, gracias por todo abuelita.

*A mis tías y tíos:*

María, Margarita, Rosa, Ismael, Isaac, Luis, Omar, por todas las buenas cosas, por el cariño, por la alegría de una gran familia, pero sobre todo, por que se que cuento con cada uno de ustedes para todo, gracias por la confianza y el apoyo.

*A mis primos:*

Alberto, Danilo, Aldo, Arizaeth, Carlos, David, Adán, mis otros hermanos.

*A los amigos:*

Gracias por acompañarme en esta aventura y hacer de los momentos buenos o malos, especiales por su compañía y la vida más divertida e interesante.

*Raúl:*

Gracias por apoyar a mi familia cuando más lo necesitaba, cuenta conmigo, siempre y para todo

*Alma Ireliá, Alma Lilia, Sandra, Ericberto, Eduardo, Alberto (desde arriba), Iván, Juan, Mauricio, Abigail, Raúl L. Tío Arturo, Víctor,* por los buenos momentos

*Al Maestro Jorge Guerrero Ibarra,* por su apoyo, paciencia, y por los conocimientos para la realización de este trabajo.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por darme la oportunidad de convertirme en una mejor persona y ofrecerme el mejor regalo, mi formación profesional.

# ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	II
INTRODUCCIÓN	1
Propiedades químicas	3
Matriz de resina	4
Partículas de relleno	5
Composites con macrorrelleno	5
Composites con microrrelleno	7
Composites híbridos	9
Composites con nanorrelleno	11
Sistemas iniciadores	12
Activación química	13
Activación por luz visible	14
Efectos del sistema de iniciación sobre las propiedades físicas	15
PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS COMPOSITES	18
Sorción acuosa y solubilidad	18
Resistencia a la flexión	18
Modulo de elasticidad	19
Profundidad de curado	19
ANTECEDENTES	20
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
JUSTIFICACIÓN	22
OBJETIVOS	23
General	23
Específicos	23
HIPÓTESIS	24

METODOLOGÍA	25
Criterios de inclusión	25
Criterios de exclusión	25
Criterios de eliminación	26
Variables dependientes	26
Variables independientes	26
Muestreo	27
MÉTODO	28
Prueba de sorción acuosa y solubilidad	28
Material y equipo	28
Prueba de resistencia a la flexión y módulo de elasticidad	31
Material y equipo	31
Prueba de profundidad de curado	34
Material y equipo	34
RESULTADOS / ANÁLISIS	36
CONCLUSIONES	42
BIBLIOGRAFÍA	43
ANEXO:	
Fotografías	44

## INTRODUCCIÓN

Durante la primera mitad del siglo XX, los únicos materiales que tenían color del diente y que podían ser empleados como materiales de restauración estética eran los silicatos, a pesar de que liberaban flúor, no se emplearon en dientes permanentes, debido a que en pocos años sufrían un desgaste importante <sup>(1)</sup>. En 1938, Bastan inventó las resinas epoxídicas, que son la base de los composites actuales. <sup>(2)</sup> Las resinas acrílicas muy parecidas a las que se utilizan para dentaduras (polimetilmetacrilato [PMMA]) fueron una alternativa más a los silicatos a finales de los 40 y principios de los 50, debido a su parecido con el diente, su insolubilidad en los fluidos orales, su facilidad de manipulación y su bajo costo. <sup>(1)</sup>

Leader presento en Inglaterra en 1948 una técnica de aplicación gradual por capas que incluían una resina acrílica autopolimerizable, y también en Inglaterra la compañía ICI inventó los catalizadores polimerizables a base de aminas alfa-dicetona. <sup>(2)</sup>

Desgraciadamente las resinas acrílicas también presentan una resistencia al desgaste baja; por otra parte, presentan una contracción de polimerización alta que hace que se desprenda de las paredes de la preparación y que tenga una filtración marginal elevada. Tienen un coeficiente de expansión y contracción térmica demasiado alto, por lo que se provoca una mayor tensión en los márgenes de la cavidad cuando se ingieren comidas ó bebidas frías ó calientes. En cierta forma, éste problema se redujo con la adición de polvo de cuarzo para formar una estructura de material compuesto. La introducción de partículas de relleno inertes fue una forma práctica de reducir la contracción de polimerización y la expansión térmica. El relleno ocupaba espacio, pero no entraba a formar parte de la reacción. Además los rellenos que se solían

emplear tenían unos coeficientes de expansión térmica extremadamente bajos, por lo que se parecían a la estructura dentaria. Por esto se disminuyó en gran medida la tensión generada por la contracción y la expansión térmica <sup>(1)</sup>.

Las primeras resinas compuestas basadas en el PMMA no tuvieron mucho éxito. Esto fue por que las partículas de relleno ocupaban y reducían el volumen del polímero sin estar adheridas (conectadas) al mismo tiempo. Los defectos que se desarrollaban entre las partículas retenidas mecánicamente y la resina de alrededor daban lugar a filtración. <sup>(1)</sup>

En 1950 aparecieron los materiales de relleno acrílicos que contenían un relleno de vidrio de silicato de aluminio. El vidrio de silicato recibía previamente una cubierta de polímero (o un tratamiento a base de silano). Aunque este proceso mejoró las propiedades físicas del material, éste seguía siendo difícil de manipular. <sup>(2)</sup>

Los composites, introducidos en 1962, son el resultado del trabajo del Dr. Ray Bowen de la unidad de investigación de la American Dental Association del National Bureau of Standard (ahora el National Institute of Standards and Technology) <sup>(1)</sup>

El término "composite" se refiere a la combinación de dos fases de componentes totalmente diferentes para la obtención del material final. Una fase está constituida por un polímero blando de una resina orgánica (bisfenol A glicidilmetacrilato), bis-GMA. Dispersa en ésta matriz de resina se encuentra la segunda fase, constituida por partículas de una cerámica inorgánica (originalmente cuarzo). La fase de la resina es de naturaleza continua y reactiva, mientras que la fase de relleno inorgánico es discontinua (interrumpida) e inerte. <sup>(3)</sup>

En 1972 se desarrollaron resinas que polimerizaban con la luz ultravioleta (UV-polimerizables). Esta forma permitía un tiempo de trabajo adecuado, ya que el odontólogo podía controlar el tiempo de polimerización. <sup>(2)</sup>

Los composites han experimentado un desarrollo continuado, pero siguen siendo muy parecidos al producto original descubierto por Bowen. No obstante se han introducido muchas mejoras en la composición de las resinas y los rellenos. En general, se ha tendido a reducir el tamaño de las partículas de relleno y a mejorar su distribución, para potenciar sus propiedades físicas <sup>(2)</sup>

Las propiedades de la matriz de resina y los agentes de conexión relleno-matriz actuales han resuelto los problemas de los primeros materiales restauradores. Así, desde el inicio de los años 70, los sistemas de resinas compuestas y sus resinas de dimetacrilato han sido el material de elección para las restauraciones estéticas directas de la zona anterior. Éstos materiales incluso están ganando aceptación para restauraciones de las zonas oclusales posteriores y otras zonas con gran exposición a las fuerzas masticatorias, por lo que también se emplean como selladores de fosetas y fisuras, adhesivos para frentes laminados de porcelana y para la cementación de otras prótesis fijas. Actualmente, la vida media de una resina compuesta en las zonas posteriores (7 años) se está acercando a la de la amalgama (10 años).

## PROPIEDADES QUÍMICAS

Los composites o resinas compuestas incluyen cuatro componentes fundamentales: (1) una fase de matriz (resina de dimetacrilato), (2) iniciadores de la polimerización (que se activan por medios químicos o con la luz visible), (3) una fase dispersa de relleno y colorantes, y (4) una fase de

acoplamiento que consigue la adhesión entre la matriz y las partículas de relleno (metacriloxi-propil-trimetoxi-silano) y trietilenglicol dimetacrilato (TEGDMA) para controlar la viscosidad y conseguir una resina más flexible y menos quebradiza. <sup>(2)</sup>

## MATRIZ DE RESINA

La mayoría de las resinas compuestas emplean una mezcla de monómeros de dimetacrilato alifáticos y/o aromáticos, como el bis-GMA, uno de los ingredientes más utilizados, el trietilenglicol dimetacrilato (TEGDMA) y el dimetacrilato de uretano (UDMA). El UDMA, el bis-GMA y el TEGDMA son los ingredientes de la matriz de resina que más se emplean para formar estructuras de polímero entrecruzado en los selladores y las resinas compuestas <sup>(1)</sup>.

La resina original de Bowen, bis-GMA, se consigue combinando bisfenol-A con glicidimetacrilato. Su estructura química comparte cualidades más favorables con las del metilmetacrilato. El tamaño molecular mayor y la estructura aromática aumentan la rigidez y la resistencia compresiva y reduce la contracción de polimerización y la absorción de agua. Combinado con un diluyente (p.ej., trietilenglicoldimetacrilato, TEGDMA) para controlar su alta viscosidad, el bis-GMA tiene unas características que lo hacen apropiado como material restaurador directo. El bis-GMA y una nueva resina de viscosidad menor introducida por Foster y Walter, en 1974 (uretanodimetacrilato, UDMA) constituyen una matriz de resina alterna de los composites que se utilizan actualmente. <sup>(3)</sup>

## PARTÍCULAS DE RELLENO

El componente de relleno inorgánico del composite es el responsable de sus propiedades físicas. Compuestos como cuarzo, sílice o vidrio, los rellenos de composite tienden a ser duros, inertes y similares a la estructura dentaria con respecto a translucidez e índice de refracción. Muchas propiedades físicas (sobre todo resistencia a la fractura y al desgaste, y contracción de polimerización) mejoran cuando se aumenta la cantidad de relleno del composite <sup>(3)</sup>.

## COMPOSITES CON MACRORRELLENO

(Convencionales, tradicionales, de partícula grande y de partícula pequeña)

Los primeros composites fueron con macrorrelleno y emplearon rellenos de cuarzo. El tamaño medio de las partículas era de 15-30 $\mu$ m (partícula grande), aunque podía llegar a los 100 $\mu$ m. Obtener superficies lisas en éstos materiales era difícil, ya que los procedimientos de pulido ponían al descubierto porciones de las partículas grandes e irregulares al eliminar selectivamente la resina adyacente mas blanda. El desgaste clínico continuado de la matriz de resina conducía a una exposición cada vez mayor y el arrancamiento de las partículas de la superficie, aumentando la rugosidad con el tiempo. Las superficies rugosas facilitan la tinción y la acumulación de placa, comprometiendo la estética de las restauraciones y convirtiéndolas en una fuente de irritación para la encía adyacente <sup>(3)</sup>.

La radiolucidez del cuarzo hacia que la detección radiológica de caries bajo estas restauraciones fuera difícil, si no imposible.

Estos tamaños grandes permitían una carga por peso de relleno inorgánico del 75-80%. La diferencia entre los coeficientes de expansión térmica de la matriz de resina y del relleno contribuía también al aflojamiento de las partículas de relleno de la superficie cuando eran sometidas a cambios térmicos. Estos materiales exhibían también baja resistencia a la abrasión, lo que conducía a pérdida de contorno en las restauraciones sometidas a cargas funcionales. Por todo ello, los macrorrellenos debían reemplazarse con frecuencia.

Los macrorrellenos más recientes del mercado presentan partículas con tamaños de 1 a 5 micrones (partícula pequeña), con valores similares de carga inorgánica. Los rellenos más blandos y de menor tamaño (cristales de bario y estroncio) permiten mejorar el pulido con menor riesgo de rugosidad y tinciones. Estos nuevos vidrios de relleno aportan además la ventaja definitiva de la radiopacidad. Todos los macrorrellenos que se fabrican en la actualidad son de partícula pequeña. <sup>(3)</sup>

En un esfuerzo por mantener o mejorar las propiedades físicas y mecánicas de las resinas tradicionales y conseguir una superficie pulida, se redujo el tamaño de las partículas inorgánicas del relleno a un rango de 0.5 a 3µm, aunque con una distribución excesivamente amplia en los tamaños. Esta amplia distribución en los tamaños facilita una gran carga de relleno y las resinas compuestas de partícula pequeña (PP) contienen más relleno inorgánico (80-90% en peso y 65-77% en volumen) que las resinas compuestas tradicionales. Esto es particularmente cierto para las resinas compuestas diseñadas para las zonas posteriores.

Algunas resinas de PP emplean sílice amorfo como relleno, pero la mayoría incorporan cristales que contienen metales pesados que le confieren radiopacidad. La matriz de resina de estos materiales es parecida a las de

las resinas compuestas tradicionales y de microrrelleno. El principal relleno consiste en partículas trituradas revestidas de silano. El sílice coloidal se añade en cantidades de aproximadamente el 5% en peso para ajustar la viscosidad de la pasta de forma que permita la condensación en la cavidad.

Por lo general esta categoría de resinas compuestas presentan unas propiedades físicas y mecánicas superiores. Con el aumento del contenido de partículas hay una mejora en prácticamente todas las propiedades más importantes, tales como resistencia a la compresión, módulo elástico y resistencia a la tracción, así como una disminución en el coeficiente de expansión térmica.

## COMPOSITES CON MICRORRELLENO.

Los inconvenientes de las resinas compuestas tradicionales y de partícula pequeña, como son, rugosidad de la superficie y baja translucidez se han superado cuando se emplean partículas de sílice coloidal como relleno inorgánico. Estas partículas tienen un tamaño individual aproximado de  $0.04\mu\text{m}$  (40nm). Presenta una apariencia superficial muy suave, similar a la obtenida con las restauraciones directas de las resinas acrílicas sin relleno.

Las partículas de sílice coloidal tienen tendencia a la aglomeración. Durante la mezcla, algunos de estos aglomerados se rompen, pero no todos, con lo que el rango en el tamaño de estos aglomerados puede variar de  $0.04$  a  $4\mu\text{m}$ .

En teoría, este relleno de sílice coloidal se puede añadir directamente a la resina y en grandes cantidades. Sin embargo, esto no es fácil de llevar a cabo debido a la gran superficie que debe ser mojada por el monómero, y sobre todo, debido a la formación de pseudo-cadenas poliméricas entre las

partículas coloidales. Este fenómeno aumenta significativamente la viscosidad y produce un engrosamiento indebido, incluso cuando se añade muy poca cantidad de microrrelleno. A pesar de que ha habido varios intentos para aumentar la cantidad de relleno, en todos los casos se ha comprometido el concepto ideal de un relleno de resina homogéneo con sílice coloidal disperso. Una posibilidad es sinterizar las partículas de sílice coloidal para que se obtengan partículas de un tamaño de varias decenas de micra. Estos grandes aglomerados producen una disminución en el área superficial, con lo que se permite que se pueda agregar más relleno, antes de comprometer la reología del material. Sin embargo el método más usual para aumentar la carga de relleno es realizar nuevas partículas triturando una resina compuesta prepolimerizada que tenga una carga de partícula de sílice coloidal. Las partículas de este material con gran cantidad de microrrelleno se incorporan a la pasta de resina para producir un material de obturación con unas características de manipulación aceptables.

Por lo general, las resinas compuestas de microrrelleno tienen propiedades físicas y mecánicas inferiores a las resinas compuestas tradicionales, debido a que el 40-80% del volumen del material lo constituye la resina, dando lugar a una mayor absorción de agua, un mayor coeficiente de expansión térmica y a una disminución del módulo elástico, así como disminución de la resistencia a la tracción debido a la unión débil entre las partículas prepolimerizadas y la matriz de resina clínicamente fraguable. Aunque presentan una resistencia notable al desgaste. <sup>(1)</sup>

## COMPOSITES HÍBRIDOS

Los composites híbridos combinan las ventajas de los macrorrellenos con las de los microrrellenos, y como grupo representan hasta el momento el material restaurador estético directo que más se aproxima al material "multiusos".

En general, los híbridos pueden describirse como composites de macrorrelleno de partícula pequeña (0,6-5 $\mu\text{m}$ ) con microrrelleno de 0,04 $\mu\text{m}$  incorporado a la matriz de resina. El microrrelleno refuerza la matriz de resina y, teóricamente, aumenta la capacidad de soporte de carga de la resina y reduce la propagación de microfisuras. La matriz con microrrelleno presenta, además, un coeficiente de expansión térmica más compatible con el de las partículas de macrorrelleno, reduciendo el aflojamiento de las partículas durante los cambios térmicos. La carga de relleno hasta del 80% en peso aporta propiedades físicas similares a las de los macrorrellenos. La mezcla de microrrelleno en la matriz permite obtener y mantener una superficie lisa. En los sistemas más modernos, la incorporación de bolitas de microrrelleno aglomeradas de 0,1 $\mu\text{m}$  en combinación con microrrelleno de 0,04 $\mu\text{m}$  y macrorrelleno de partícula pequeña, permite mejorar aun más el esfuerzo y el endurecimiento de la matriz de resina, gracias al aumento de la carga del relleno. Los composites híbridos poseen propiedades físicas superiores y muestran un comportamiento clínico mejor que el de los de macrorrelleno y que los de microrrelleno, a excepción de la calidad del pulido.

La categoría de los composites híbridos puede subdividirse en función del tamaño del macrorrelleno empleado. Los híbridos "submicrónicos" contienen macrorrellenos con partículas de un tamaño medio inferior a 1 $\mu\text{m}$  (normalmente entre 0,6 y 0,7 $\mu\text{m}$ ), mientras que los híbridos de partícula pequeña contienen partícula de un tamaño medio de 1-5 $\mu\text{m}$ . La combinación

de las partículas submicrónicas con el microrrelleno de de  $0,04\mu\text{m}$  y el aglomerado permite conseguir un mayor porcentaje de carga y mejor capacidad de pulido. De esta forma, el pulido de los híbridos submicrónicos se aproxima mucho al de los microrrellenos, haciendo de ellos el material de elección para una restauración de composite aislada con un propósito general.

Un tercer grupo de híbridos, la variedad “fuertemente cargada” posee la carga de relleno mas elevada (superior al 80%) obtenida hasta ahora en un composite. Estos materiales se fabrican con una distribución específica del tamaño de las partículas del relleno, lo que permite conseguir un estrecho empaquetamiento, reduciendo al mínimo la cantidad de resina reforzada con microrrelleno que queda entre las partículas. Aunque son muy duraderos y apropiados para áreas de soporte de carga, el tamaño de las partículas de relleno (que llega a ser de  $10\text{-}25\mu\text{m}$ ) hace que este tipo de híbridos presenten una capacidad de pulido menor que la de los híbridos de partícula pequeña y los submicrónicos. Por ello esta indicados sobre todo en áreas posteriores con contacto oclusal o proximal y como capa de refuerzo lingual o para ser colocados por debajo de composites submicrónicos o de microrrelleno en restauraciones anteriores de gran tamaño. <sup>(3)</sup>

## COMPOSITES CON NANORRELLENO

La nanotecnología ha desarrollado una nueva resina compuesta, que se caracteriza por tener en su composición la presencia de nanopartículas que presentan una dimensión de aproximadamente 25 nm y los “nanoclústers” de aproximadamente 75 nm.

Los “nanoclústers” están formados por partículas de zirconia/sílica ó nanosílica.

Los “clusters” son tratados con silano para lograr entrelazarse con la resina.

La distribución del relleno (cluster y nanopartículas) muestra un alto contenido de carga de 72.5%.

Las resinas compuestas de esta generación se caracterizan por presentar un 78.5% de carga en su composición, por lo tanto, se ha logrado incrementar la resistencia con mejor o similar manipulación que las resinas híbridas o microhíbridas.

Esta generación de resinas ha sido sometida a pruebas independientes por grupos de investigación en reconocidas universidades de Estados Unidos y Europa, demostrando poseer las cualidades mecánicas que un material debe presentar para poder soportar las fuerzas masticatorias (resistencia compresiva, resistencia flexural, baja contracción de polimerización, resistencia a la fractura, alta capacidad de pulido, adecuado modulo de elasticidad, son algunas de las propiedades que han sido evaluadas superando las normas de control de calidad.

Al presentar un menor tamaño de partícula, podremos lograr un mejor acabado de la resina, que se observa en la textura superficial de la misma disminuyendo las posibilidades de biodegradación del material en el tiempo. Además, esta tecnología ha permitido que las cualidades de la resina puedan ser lo suficientemente competentes para indicar su uso en el sector anterior y posterior. No debemos dejar de señalar que el hecho de presentar un menor tamaño de las partículas produce una menor contracción de polimerización, garantizando que el estrés producido debido a la polimerización sea menor, generando sobre las paredes del diente una menor flexión cusplídea, además de disminuir la presencia de "microcracks" a nivel de los bordes adamantinos, que son los responsables de la filtración marginal, cambios de color, penetración bacteriana y posible sensibilidad post-operatoria.<sup>(4)</sup>

## SISTEMAS INICIADORES

Los acrilatos del tipo bis-GMA polimerizan por adición. Cada molécula de monómero de bis-GMA contiene un enlace doble de carbono insaturado. Cuando esta unión se interrumpe, el electrón libre resultante hace que la molécula libre se vuelva muy reactiva y genera un enlace doble con una molécula vecina, dejando otro electrón reactivo libre en el extremo de la cadena bimolecular recién formada. La reacción en cadena continúa, viniendo y entrelazando entre si las moléculas de resina hasta que polimeriza la mayor parte del monómero.

Para iniciar la reacción, es decir, para romper inicialmente el doble enlace del monómero, los composites emplean iniciadores químicos. Los iniciadores, una vez activados, se convierten en radicales libres, compuestos que disponen de un electrón altamente no apareado, pero que desde el punto de vista eléctrico son neutros. El radical libre reacciona con el doble enlace de

carbono del monómero, se une a la molécula y transfiere el electrón libre, iniciando la reacción descrita.

La activación del iniciador para producir radicales libre puede conseguirse con calor, reacción química o reacción fotoquímica. Debido a que los composites de aplicación directa tienen que polimerizar a temperatura ambiente, solo se emplean las últimas dos modalidades de activación, con lo que los composites pueden clasificarse según el modo de activación: activados químicamente (conocidos generalmente como autopolimerizables) y fotoactivados (fotopolimerizables). Las resinas fotopolimerizables pueden clasificarse, además, según la longitud de onda de la luz que se emplea para la activación: ultravioleta (UV), actualmente en desuso y luz visible.

Es importante señalar que la iniciación y polimerización de los composites se ve inhibida por la exposición del material al aire, tanto para los sistemas autopolimerizables como para los fotopolimerizables. Esta “capa inhibida por aire” se presenta solo en la superficie externa de la resina y es rica en enlaces dobles que no han reaccionado, lo que permite aplicar los composites en múltiples capas, ya que puede conseguirse una buena adhesión química entre las capas gracias a esta capa inhibida por aire. La colocación en capas facilita el control de los contornos en las restauraciones grandes y es de importancia básica en los materiales fotopolimerizables. La resina no polimerizada de la superficie de la capa final se elimina por los procedimientos normales de terminado y pulido.

## ACTIVACIÓN QUÍMICA

La activación química fue el modo que empleó Bowen en su primer composite y continúa usándose en algunos productos hoy día. Los sistemas autopolimerizables suelen presentarse en forma de dos pastas, referidas

continuamente como “base” y “catalizador”. La base contiene un iniciador (peroxido de benzoilo), y el catalizador un activador (una amina terciaria aromática). Al mezclar las dos pastas, la amina, actuando como donante de electrones, reacciona con el peroxido de benzoilo y forman un radical libre.

Estos composites han sido sustituidos en su mayor parte por los sistemas fotopolimerizables. Los composites autopolimerizables continúan siendo útiles para situaciones especiales, como la construcción de muñones, en que se requiere volumen y puede ser difícil el acceso de la luz de polimerización a todas las áreas de la preparación. La aplicación en capas que requieren las resinas fotopolimerizables pueden ser poco practicas en estas situaciones.<sup>(3)</sup>

## ACTIVACIÓN POR LUZ VISIBLE

Los sistemas activados por luz visible consiguieron solucionar muchos de los problemas inherentes a los sistemas activados por luz UV, y estos composites son hoy día los de elección. La profundidad de fraguado es mayor (hasta 3 mm) y se requiere menos tiempo de exposición (indicado por el fabricante). Aunque el esmalte atenúa significativamente la luz visible, ésta permite polimerizar composite en zonas retentivas de la preparación.

Los fotoiniciadores constituidos por diquetonas (como la canforoquinona) producen radicales libres cuando se exponen a la luz visible de espectro azul (420-450 nm). Aunque estas sustancias pueden fraguar toda la resina, se añaden siempre pequeñas cantidades (en comparación con las que se añaden en las resinas autopolimerizables) de aminas terciarias para acelerar la reacción inicial y disminuir de forma notable el tiempo de fraguado. Los composites fotopolimerizables por luz visible muestran mejor estabilidad de color que sus homólogos autopolimerizables, ya que son, precisamente, las

aminas y el iniciador químico peróxido de benzoílo, los agentes responsables de las alteraciones del color que aparecen en el composite ya fraguado.

Las unidades de polimerización de tipo pistola contienen todos los componentes funcionales en una unidad compacta (bombilla, ventilador o amortiguador de calor, interruptor y temporizador) que se sitúa junto al área de actuación. Puntas intercambiables de distintos diámetros y curvaturas añaden versatilidad a estas unidades.

Las unidades de fraguado por luz visible no se consideran peligrosas sin embargo deben tomarse precauciones para evitar lesiones en la retina debidas a la luz visible directa o reflejada. La exposición a luz azul intensa puede producir lesiones importantes en los fotorreceptores del ojo y su efecto es acumulativo. Puede obtenerse una buena protección empleando pantallas de mano transparentes y protectores oculares especialmente diseñados para absorber la luz azul. La mayoría de las unidades de polimerización ya llevan incorporadas pantallas protectoras.<sup>(3)</sup>

## EFFECTOS DEL SISTEMA DE INICIACIÓN SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS

Aunque el resultado final de todos los sistemas iniciadores es la conversión de un monómero en un polímero, la cantidad de conversión, es decir, el índice de conversión, varía según el tipo de iniciación empleado. Un aumento del índice de conversión conlleva a la disminución del monómero residual no fraguado y mejora, en consecuencia, las propiedades físicas.

De todos los sistemas de activación, la activación química es la de polimerización más incompleta. En composites autopolimerizables, el porcentaje de enlaces dobles no reaccionados es del 25-70%. El mezclado

mecánico de las dos pastas consigue grados variables e inconstantes de homogeneidad de la resina final. La inhibición de la polimerización por oxígeno, debido a la incorporación de aire durante el mezclado, reduce también los índices de conversión de forma significativa. Estos factores son los responsables de los altos grados de absorción de agua y contracción de la polimerización, mal coeficiente de expansión térmica y baja resistencia a la fractura de estos composites. Las consecuencias clínicas son la alteración del color y la fractura marginal, así como la disminución de la resistencia al desgaste en comparación con otras resinas de polimerización mas completa.

La fotoactivación, en concreto la que emplea luz visible, consigue índices de conversión elevados en los composites. La mayor eficiencia de los sistemas fotopolimerizables permite obtener materiales con propiedades físicas superiores a las de sus homólogos autopolimerizables. Sin embargo, puede producirse una polimerización incompleta cuando no se controlan y consideran varios factores que afectan la fotoactivación, los cuales pueden ser:

- *Rendimiento de la unidad de polimerización:* Puede disminuir debido al envejecimiento de las bombillas (halógenas) dando lugar a polimerización incompleta, sobre todo en la parte mas profunda de la capa que se esta polimerizando.
- *Tiempo de fraguado:* El composite debe exponerse a la luz de polimerización el tiempo que indique el fabricante para conseguir una polimerización optima.
- *Distancia entre la fuente de luz y el composite:* La intensidad de la luz que alcanza la superficie disminuye en función del cuadrado de la distancia de la superficie. La punta de la unidad de polimerización debe colocarse lo más cerca posible (1 mm) del composite para conseguir la eficiencia óptima del fraguado. Cuando

la distancia entre la luz y la resina aumenta, debe aumentar de forma equivalente el tiempo de polimerización.

- *Grosor incrementado del composite*: La dureza del composite fraguado disminuye cuando mayor es la distancia a la superficie del composite, por lo tanto, se recomienda realizar las restauraciones en capas de polimerización individual de 1 mm de grosor (y que no superen los 2 mm) para asegurar una polimerización completa.
- *Color del composite*: La luz se transmite más fácilmente por las resinas de colores claros que por las de colores oscuros. Por tanto cuando se emplean colores oscuros hay que reducir el grosor de las capas y aumentar el tiempo de polimerización.
- *Tipo de relleno*: Las partículas de relleno de cristal transmiten más la luz (y la absorben menos) que los microrrellenos y las matrices de resina orgánica. Así, una cantidad de luz determinada fraguará de modo más completo un macrorrelleno o un híbrido fuertemente cargado que un composite de microrrelleno.
- *Zonas retentivas del diente*: La luz penetra tanto en el esmalte como en la dentina, pero con intensidad notablemente reducida. El tiempo de fraguado debe aumentarse de 2 a 3 veces para asegurar la adecuada polimerización de las áreas de la preparación que no pueden recibir exposición directa a la luz.

La activación por calor es la que produce mayor índice de conversión y, en consecuencia, mejores propiedades físicas de la resina, entre todos los métodos de activación. Los composites fraguados por calor, aunque no son prácticos para la técnica de aplicación directa, se emplean en una gran variedad de aplicaciones mediante técnicas de fabricación indirectas.<sup>(3)</sup>

# PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS COMPOSITES

## SORCIÓN ACUOSA Y SOLUBILIDAD

La Sorción acuosa de un material representa la cantidad de agua adsorbida por la superficie y absorbida por la masa del material durante la fabricación o el servicio de la restauración. <sup>(5)</sup>

La solubilidad y la sorción se manifiestan de dos maneras: una en porcentaje de peso del material soluble o sorbido y la segunda como el peso del material disuelto o sorbido por unidad de área de superficie (ejem. Miligramos por centímetro cuadrado) <sup>(6)</sup>

Es conveniente conocer la solubilidad o desintegración de los materiales dentales en agua, saliva u otros líquidos. Además dicha solubilidad debe ser lo mas reducida posible para garantizar que los materiales no se desintegren a corto plazo en boca. <sup>(8)</sup>

## RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

La resistencia a la flexión, resistencia transversa o modulo de rotura, como se suele denominar esta propiedad, es fundamentalmente la resistencia de un haz fijado en sus extremos bajo carga estática.

Como ya se mencionó, esta prueba es, en cierto sentido la medición colectiva de todos los tipos de tensión simultáneamente. Cuando la carga actúa, la muestra se arquea. La deformación que se produce se manifiesta en la disminución de las dimensiones lineales superiores (deformación por

compresión) en el alargamiento de las dimensiones inferiores (deformación por tracción). Por tanto, se puede suponer que las principales tensiones que actúan sobre la superficie superior son de compresión, mientras que las de la superficie inferior son de tracción. Es obvio que la tensión cambia de dirección en alguna parte entre la región superior e inferior, y que la zona del cambio la tensión y la deformación tienen valor cero. La línea o plano que no cambia de dimensión se conoce como eje neutro.<sup>(7)</sup>

## MÓDULO DE ELASTICIDAD

Dentro del rango elástico, la relación entre carga y deformación puede expresarse numéricamente como una constante; a esa constante se le conoce como módulo de Young o módulo de elasticidad<sup>(8)</sup>

## PROFUNDIDAD DE CURADO

La intensidad máxima del haz de radiación lumínica se concentra cerca de la superficie del composite fotoiniciado. A medida que la luz penetra en el material, es dispersada y reflejada, con lo que pierde intensidad. Existen varios factores que influyen en el grado de polimerización a una determinada profundidad de la superficie después de la fotoiniciación. El composite debe tener una concentración de fotoiniciador o absorbente de luz que pueda reaccionar con la longitud de onda adecuada y debe estar presente en concentración suficiente. El contenido y el tamaño de las partículas de relleno influyen considerablemente en la dispersión del haz de luz.

El tiempo de exposición actual para las lámparas de luz visible es de 20 segundos, en general ese tiempo es suficiente para polimerizar un composite claro hasta una profundidad de 2-2.5 mm, pero para tonalidades profundas se recomienda la aplicación de la luz a través de 1 mm o menos de espesor de composite<sup>(5)</sup>.

## ANTECEDENTES

Paulo Francisco, Cesar y Cols. de la universidad de Sao Paulo, Brasil. Determinaron la resistencia a la flexión del composite Z-100 (3M) el cual fue utilizado como espécimen de control para pruebas de resistencia a la flexión, y modulo de elasticidad, utilizando material y equipo similar al utilizado en este ensayo<sup>(9)</sup>.

Kenzo Asaoka y Col. De la Universidad de Tsurumi, Yokohama, Japón. Revisaron la importancia que tiene el fenómeno de Sorción acuosa y la relación que tiene esta con la degradación o solubilidad de la matriz de los composites, basados en la norma ISO 4049, determinando mediante la variación del peso de los especimenes, la solubilidad que estos presentaron. Utilizando para este ensayo al composite Clearfil APX<sup>(10)</sup>.

Paul C.L. y Cols. De la Universidad de Queensland, Australia. Realizaron un ensayo en el cual demostraron la profundidad de curado del composite Filtek Z-250, basados en el procedimiento utilizado norma ISO 4049, demostrando además que el color del composite altera ligeramente la profundidad de curado, así como la fuente de energía utilizada<sup>(11)</sup>.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente existen en el mercado composites con relleno nanométrico, de reciente aparición, de los cuales no existe suficientes investigaciones de valoración de propiedades físicas y mecánicas (Sorción acuosa, solubilidad, resistencia a la flexión, módulo de elasticidad y profundidad de curado), y no sólo basarnos en los datos que nos ofrecen los fabricantes.

Se deben tomar en cuenta estas propiedades, para poder elegir adecuadamente el material de restauración a utilizar y poder ofrecer a los pacientes una mejor alternativa, tanto en resistencia, permanencia en boca y estética, que actualmente, para el paciente es un de los requisitos mas importantes en una restauración dental.

## JUSTIFICACIÓN

Con este estudio se intenta evaluar las propiedades físicas y mecánicas (resistencia flexural, modulo de elasticidad, sorción acuosa, solubilidad y profundidad de curado) Para poder obtener valores confiables y así poder elegir el composite con las mejores propiedades.

En éste estudio se evaluarán las propiedades fisico-mecánicas de 4 composites con relleno nanométrico y 2 con relleno híbrido (control).

## OBJETIVOS

### GENERAL

Valorar las propiedades físicas y mecánicas de cuatro marcas comerciales de resinas con relleno nanométrico y de dos con relleno híbrido.

### ESPECÍFICOS

- Valorar la resistencia flexural, módulo de elasticidad, sorción acuosa, solubilidad y profundidad de curado del composite Filtek Supreme (3M).
- Valorar la resistencia flexural, modulo de elasticidad, sorción acuosa, solubilidad y profundidad de curado del composite Grandio (Voco).
- Valorar la resistencia flexural, módulo de elasticidad, sorción acuosa, solubilidad y profundidad de curado del composite Tetric Evo Ceram (Ivoclar Vivadent)
- Valorar la resistencia flexural, módulo de elasticidad, sorción acuosa, solubilidad y profundidad de curado del composite Tetric Ceram (Ivoclar Vivadent)
- Valorar la resistencia flexural, módulo de elasticidad, sorción acuosa, solubilidad y profundidad de curado del composite 4 Seasons (Ivoclar Vivadent)
- Valorar la resistencia flexural, módulo de elasticidad, y profundidad de curado del composite Z-350 (3M).

## HIPÓTESIS

Las propiedades físicas y mecánicas de los composites con relleno híbrido presentaran valores inferiores con respecto a los composites con relleno nanométrico.

## METODOLOGÍA

### CRITERIOS DE INCLUSIÓN

#### SORCIÓN ACUOSA Y SOLUBILIDAD

Especímenes de composite (Filtek Supreme, Grandio, Tetric Evo Ceram, Tetric Ceram, 4 Seasons y Filtek Z-350) con un diámetro de  $(15\pm 1)$  mm y un grosor de  $(0.5\pm 0.1)$  mm.

#### RESISTENCIA A LA FLEXIÓN Y MÓDULO DE ELASTICIDAD

Especímenes de composite (Filtek Supreme, Grandio, Tetric Evo Ceram, Tetric Ceram, 4 Seasons y Filtek Z-350) con las siguientes medidas:  $(25\pm 2)$  mm X  $(2\pm 0.1)$  mm X  $(2\pm 0.1)$  mm

#### PROFUNDIDAD DE CURADO

Especímenes de composite (Filtek Supreme, Grandio, Tetric Evo Ceram, Tetric Ceram, 4 Seasons y Filtek Z-350) cilíndricos de 6 mm de longitud y 4 mm de diámetro

### CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

Todos aquellos especímenes que no tengan las características de los criterios de exclusión.

## CRITERIOS DE ELIMINACIÓN

Todos aquellos especímenes que en los resultados tengan una desviación significativa con los demás que han sido obtenidos utilizando el mismo método.

## VARIABLES DEPENDIENTES

- Tiempo de polimerización
- Manipulación de los composites al elaborar los especímenes
- Mantenimiento de la temperatura de la estufa (37°C)
- Calibración de la balanza analítica
- Manipulación de los desecadores

## VARIABLES INDEPENDIENTES

- Composición de los composites (Filtek Supreme, Grandio, Tetric Evo Ceram, Tetric Ceram, 4 Seasons y Filtek Z-350)
- Variaciones en la intensidad de emisión de energía de la lámpara para fotocurar

## MUESTREO

Para la realización de éste estudio se elaboraron los especímenes que a continuación se describen en la tabla:

Composite	Sorción acuosa y solubilidad	Resistencia a la flexión y módulo de elasticidad	Profundidad de curado
Filtek Supreme	5	5	5
Grandio	5	5	5
Tetric Evo Ceram	5	5	5
Tetric Ceram	5	5	5
4 Seasons	5	5	5
Filtek Z-350	0	5	5

Total de especímenes: 85

# MÉTODO

## PRUEBA DE SORCIÓN ACUOSA Y SOLUBILIDAD

### MATERIAL Y EQUIPO

- Molde de acero inoxidable para la preparación de los discos del espécimen con un diámetro de  $(15\pm 1)$  mm y un grosor de  $(0.5\pm 0.1)$  mm
- Cinta Mylar
- Placas de vidrio de 2 mm de grosor
- Vernier digital MAX-CAL
- Composites (Filtek Supreme, Grandio, Tetric Evo Ceram, Tetric Ceram y 4 Seasons)
- Guantes de látex
- Espátula para resinas (Hu-Friedy)
- Lámpara de luz halógena Elipar 2500 (3M)
- Balanza analítica Adventure (Ohaus)
- Desecador, el cual contiene sílica gel
- Frascos de vidrio para almacenar muestras
- Agua destilada
- Estufa de temperatura controlada (Felisa)

1. Se calibró del hacedor de muestras con el vernier digital
2. Después se colocó el composite dentro del hacedor de muestras

3. En seguida se sobrellenó el molde, se colocó un pedazo de cinta mylar sobre el material que se encontraba en el molde y se cubrió con la placa de vidrio de 2 mm de grosor, eliminando de éste modo el material en exceso.
4. A continuación se colocó la punta de salida de la lámpara contra la placa de vidrio, irradiando esa sección del espécimen durante el tiempo de exposición recomendado por el fabricante. Después se movió la punta y se irradió una sección del espécimen que se sobrepuso con la sección anterior del espécimen. Se continuó con este procedimiento hasta que todo el espécimen fue sido irradiado durante el tiempo recomendado de exposición.

Se prepararon cinco discos de cada composite, descritos anteriormente.

Después de que los especímenes fueron retirados del molde, se pesaron con una balanza (Ohaus) con una precisión de  $\pm 0.2$  mg y se transfirieron al desecador. Se repitió este ciclo cada 24 horas hasta que se obtuvo una masa constante,  $m_1$ , es decir, hasta que la masa perdida de cada espécimen no fue mayor de 0.2 mg en un periodo cualquiera de 24 h.

Se sumergieron los especímenes en agua y se mantienen a  $(37\pm 1)^\circ\text{C}$  durante 7 días. Después de transcurrido ese tiempo, se retiraron los especímenes, se secaron para quitar el agua superficial hasta que estuvieron libres de una humedad tal que sea visible, se agitaron en el aire durante 15 s y se pesaron 1 minuto después de haberlos extraído del agua. Se registró esta masa como  $m_2$ .

Después de efectuar esta pesada, se reacondicionaron los especímenes en el desecador hasta obtener una masa constante, usando para ello el ciclo descrito. Se registra la masa constante como  $m_3$ .

A continuación se midió el diámetro y el grosor del espécimen, se calculó el volumen,  $V$ , en milímetros cúbicos.

## CÁLCULOS Y EXPRESION DE LOS RESULTADOS

**Sorción acuosa:** Se calcularon los valores de la sorción acuosa,  $w_{sp}$ , en microgramos por milímetro cúbico, para cada uno de los cinco especímenes de cada grupo usando la ecuación siguiente:

$$W_{sp} = \frac{m_2 - m_3}{V}$$

Donde:

$m_2$  es la masa del espécimen, en microgramos, después de una inmersión en agua durante 7 días.

$m_3$  es la masa reacondicionada del espécimen, en microgramos.

$V$  es el volumen del espécimen, en milímetros cúbicos.

**Solubilidad:** Se calcularon los valores para solubilidad,  $w_{sl}$  en microgramos por milímetro cúbico, para cada una de las cinco muestras, con ayuda de la ecuación siguiente:

$$w_{sl} = \frac{m_1 - m_3}{V}$$

Donde:

$m_1$  es la masa condicionada, en microgramos, de la muestra, antes de su inmersión en agua.

$m_3$  es la masa reacondicionada del espécimen, en microgramos.

$V$  es el volumen del espécimen, en milímetros cúbicos<sup>(12)</sup>.

## PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN Y MÓDULO DE ELASTICIDAD

### MATERIAL Y EQUIPO

- Molde de acero inoxidable para la elaboración de los especímenes, los cuales tendrán las siguientes dimensiones:  $(25 \pm 2)$  mm x  $(2 \pm 0.1)$  mm x  $(2 \pm 0.1)$  mm.
- Aceite de silicón para ser utilizado como medio separador, para la separación del espécimen de ensayo del molde.
- Pincel
- Composites (Filtek Supreme, Grandio, Tetric Evo Ceram, Tetric Ceram, 4 Seasons y Filtek Z-350).
- Espátula para resinas (Hu-Friedy)
- 2 placas de vidrio, de 2 mm de grosor, teniendo cada una un área que sea suficiente para cubrir un extremo del molde.
- 2 placas de vidrio, de 2 mm de grosor, teniendo cada una un área que sea suficiente para cubrir una superficie del molde.
- Adhesivo de cianoacrilato (kola loka)
- Cinta Mylar.
- Lámpara Elipar 2500 (3M).
- Micrómetro MAX-CAL.
- Estufa de temperatura controlada (Felisa)

- Agua destilada
- Frascos de vidrio para almacenar muestras
- Máquina universal de pruebas Instron.

1. Primero, se lubricó el molde con el aceite de silicón aplicándolo con el pincel
2. El molde fue apoyado sobre una de las placas de vidrio, colocando entre ésta y el molde una sección cortada a medida de cinta Mylar y a los lados fue estabilizado con las dos placas pequeñas, siendo estas fijadas a la placa mas grande con el adhesivo de cianoacrilato (Kola loka).
3. A continuación se procedió a llenar el molde con el composite, después se colocó otra sección de cinta Mylar, y entonces se aplicó una presión suave por medio de otra placa de vidrio.
4. Se colocó la punta de la lámpara en el centro del espécimen y contra la placa de vidrio Se irradió la sección del espécimen durante el tiempo recomendado de exposición. Se movió la punta a la sección próxima al centro, sobreponiendo la sección previa y se irradió durante el tiempo que recomienda el fabricante. Se irradió entonces, de este mismo modo, la sección más próxima al otro lado del centro. Se continuó este procedimiento hasta que toda la longitud del espécimen fue irradiada durante el tiempo recomendado de exposición. Se repitió el procedimiento de irradiación en el otro lado del espécimen. Se retiró después el espécimen del molde y se almacenó en agua destilada a  $(37\pm 1)^{\circ}\text{C}$ .

Se midieron las dimensiones del espécimen con un vernier digital (MAX-CAL) una precisión de  $\pm 0.01\text{mm}$ , después de que transcurrieron 24 horas del inicio de la irradiación. Se transfirieron los especímenes a la máquina Instron.

Se aplicó al espécimen una carga a una velocidad de 1 mm/min hasta que el espécimen se fracturó. Se registró la carga máxima ejercida sobre el espécimen.

Se repitió el ensayo en otros 4 especímenes. Se realizó el mismo procedimiento para los seis grupos<sup>(12)</sup>.

## PRUEBA DE PROFUNDIDAD DE CURADO

### MATERIAL Y EQUIPO

- Molde metálico, para la preparación de un espécimen cilíndrico de 6 mm de longitud y 4 mm de diámetro
- Aceite de silicón
- Pincel
- Dos placas de vidrio, de 2 mm de grosor teniendo cada una un área que sea suficiente para cubrir un extremo del molde
- Cinta Mylar
- Composites (Filtek Supreme, Grandio, Tetric Evo Ceram, Tetric Ceram, 4 Seasons y Filtek Z-350)
- Espátula para resinas (Hu-Friedy)
- Lámpara Elipar 2500 (3M)
- Vernier digital MAX-CAL

1. Se colocó el molde, previamente lubricado con el aceite de silicón sobre una placa de vidrio de 2 mm de grosor y entre estos, se colocó una sección de cinta Mylar.
2. A continuación se procedió a colocar en el molde el composite, teniendo cuidado de excluir las burbujas de aire.
3. Se sobrellenó ligeramente el molde y se pone una segunda sección de cinta Mylar en el extremo.
4. En seguida se ejerció ligera presión con otra palca de vidrio, para eliminar el material que se encontraba en exceso.
5. Después se colocó la punta de la lámpara sobre la placa de vidrio y se irradió el material durante el tiempo recomendado por el fabricante.

6. Finalmente cuando se completó la exposición se quitó suavemente el material que no fue fotocurado por medio de la espátula. Se midió la altura del cilindro del material curado con el vernier con una precisión de  $\pm 0.1\text{mm}$ .

Se registró este valor como la profundidad de polimerización.

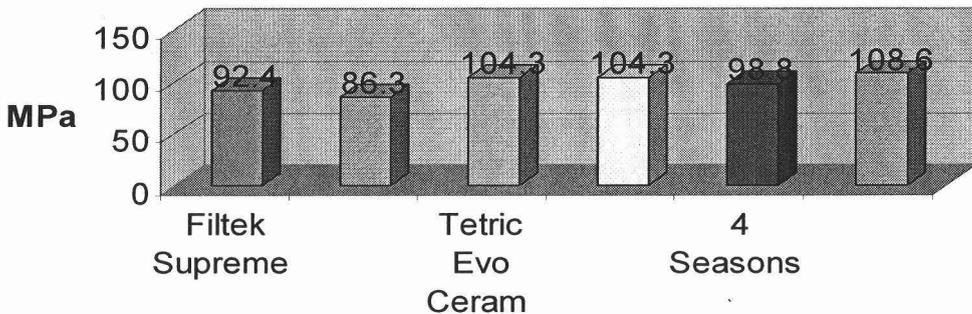
Se repitió el ensayo 5 veces para cada grupo de composites. <sup>(12)</sup>

## RESULTADOS / ANÁLISIS

Los resultados de todas las pruebas fueron analizados estadísticamente con ANOVA de una vía y fueron comparados todos los grupos con la prueba de Tukey.

### PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

#### Resistencia a la flexión



tue L-350 con un promedio de 108.6 MPa, con una desviación estándar de 9.27 a una  $P= 0.192$ , seguida de Tetric Ceram con 104.33 MPa y una desviación estándar de 9.77.

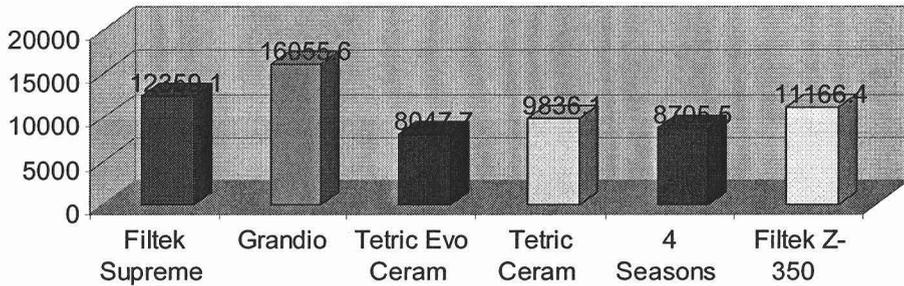
Grandio fue el que presentó menos resistencia con un promedio de 86.3 MPa y una desviación estándar de 14.5.

Estos mismos, analizados con la prueba de Tukey no tuvieron diferencias estadísticas significativas a una  $P < 0.05$

Todos los materiales probados superan el valor establecido por la norma 4049 ISO que es de 50 MPa.

## PRUEBA DE MÓDULO DE ELASTICIDAD

### Módulo de elasticidad



Como muestra la grafica, el material que tuvo el valor más alto fue Grandio con 16855.5 y una desviación estándar de 2827.5 a una  $p=0.001$ , seguidos de Filtek Supreme con 12359.1 y una desviación estándar de 1020.6

Tetric Evo Ceram fue quien presentó menor modulo de elasticidad con un promedio de 8047.7 y una desviación estándar de 747.002

Estos mismos analizados con la prueba de Tukey presentaron las siguientes diferencias a una  $P<0.05$

Grandio vs. Tetric Evo Ceram	8007.9
Grandio vs. 4 Seasons	7350.06
Grandio vs. Tetric Ceram	6219.5
Grandio vs. Filtek Z-350	4889.1
Grandio vs. Filtek Supreme	3696.5
Filtek Supreme vs. Tetric Evo Ceram	4311.4
Filtek Supreme vs. 4 Seasons	3653.5
Filtek Z-350 vs. Tetric Evo Ceram	3118.7

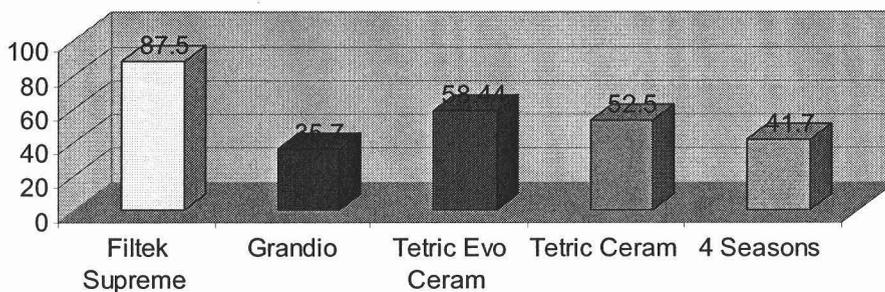
Siendo las anteriores las más significativas estadísticamente.

La resistencia a la flexión que se determine no será inferior al valor de  $N = [(módulo\ de\ flexión \times 0.0025) + 40]$  MPa.

Todos los materiales probados superan el valor establecido por la norma 4049 ISO que es de 50 MPa.

## PRUEBA DE SORCIÓN ACUOSA

### Sorción acuosa



Como muestra la grafica, el material que tuvo mayor sorción acuosa fue Filtek Supreme con un promedio de  $87.5 \mu\text{g}/\text{mm}^3$  y una desviación estándar de 5.4 a una  $P=0.734$ , seguido de Tetric Evo Ceram con un promedio de  $58.4 \mu\text{g}/\text{mm}^3$  y una desviación estándar de 5.01

Grandio fue el que presento menor sorción con un promedio de  $35.7 \mu\text{g}/\text{mm}^3$  y una desviación estándar de 2.5

Estos mismos analizados con la prueba de Tukey presentaron las siguientes diferencias a una  $P<0.05$

Filtek Supreme vs. Grandio      51.824

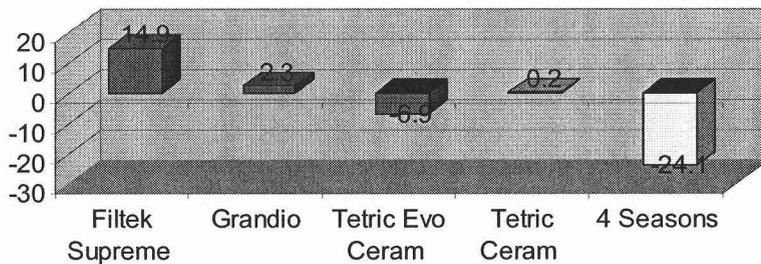
Filtek Supreme vs. 4 Seasons	45.8
Filtek Supreme vs. Tetric Ceram	34.9
Filtek Supreme vs. Tetric Evo Ceram	29.1
Tetric Evo Ceram vs. Grandio	22.7
Tetric Evo Ceram vs. 4 Seasons	16.7
Tetric Ceram vs. 4 Seasons	10.8

El resto no tuvieron resultados estadísticamente significativos.

Filtek Supreme, Tetric Ceram y Tetric Evo Ceram no cumplieron con el valor establecido por la norma 4049 ISO que es como limite  $50 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ .

## PRUEBA DE SOLUBILIDAD

### Solubilidad



Como muestra la gráfica, El material que tuvo mayor solubilidad fue Filtek Supreme con un promedio de  $14.9 \mu\text{g}/\text{mm}^3$  y una desviación estándar de 2.3 a una  $P=0.264$ . Seguido de Grandio con un promedio de  $2.38 \mu\text{g}/\text{mm}^3$  y una desviación estándar de 2.4

El material que tuvo menor solubilidad fue 4 Seasons con un promedio de  $-24.1 \mu\text{g}/\text{mm}^3$

Estos mismos analizados con la prueba de Tukey presentaron las siguientes diferencias a una  $P < 0.05$

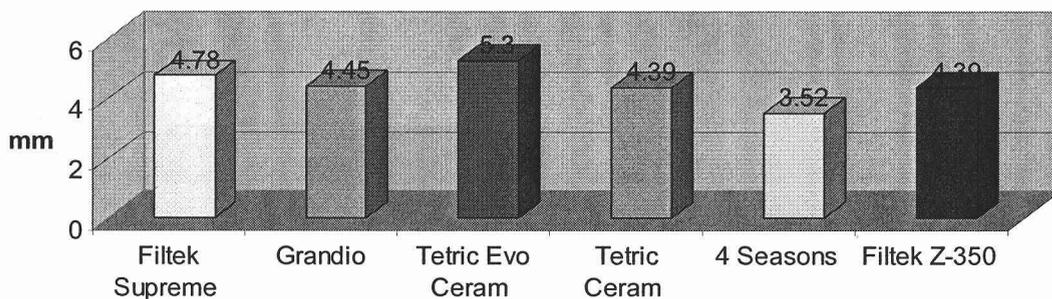
Filtek Supreme vs. 4 Seasons	39.1
Grandio vs. 4 Seasons	26.5
Tetric Ceram vs. 4 Seasons	24.4
Filtek Supreme vs. Tetric Evo Ceram	21.8
Tetric Evo Ceram vs. 4 Seasons	17.2
Filtek Supreme vs. Tetric Ceram	14.7
Grandio vs. Tetric Evo Ceram	9.3

El resto no tuvieron resultados estadísticamente significativos

Solo Filtek Supreme no supero el valor establecido por la norma 4049 ISO, el cual debe ser menor a  $5 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ .

## PRUEBA DE PROFUNDIDAD DE CURADO

### Profundidad de curado



Como muestra la gráfica, el material que tuvo mayor profundidad de curado fue Tetric Evo Ceram con un promedio de 5.3 mm y una desviación estándar de 0.1 a una  $P=0.021$ , seguido de Filtek Supreme con un promedio de 4.7 mm y una desviación estándar de 0.1.

El composite que tuvo menor profundidad de curado fue 4 Seasons con un promedio de 3.5 mm y una desviación estándar de 0.1

Estos mismos analizados con la prueba de Tukey presentaron las siguientes diferencias a una  $P<0.05$

Tetric Evo Ceram vs. 4 Seasons	1.78
Filtek Supreme vs. 4 Seasons	1.264
Grandio vs. 4 Seasons	0.93
Tetric Evo Ceram vs. Tetric Ceram	0.91
Tetric Evo Ceram vs. Filtek Z-350	0.91
Filtek Z-350 vs. 4 Seasons	0.87
Tetric Ceram vs. 4 Seasons	0.86
Tetric Evo Ceram vs. Grandio	0.85
Tetric Evo Ceram vs. Filtek Supreme	0.52
Filtek Supreme vs. Tetric Ceram	0.39
Filtek Supreme vs. Filtek Z-350	0.39
Filtek Supreme vs. Grandio	0.33

El resto no tuvieron resultados estadísticamente significativos.

Todos los materiales probados superan el valor establecido por la norma 4049 ISO que es de 2 mm.

## CONCLUSIONES

La finalidad de este estudio fue determinar valores reales en las pruebas resistencia a la flexión, modulo de elasticidad, sorción acuosa, solubilidad y profundidad de curado y no solo tomar en cuenta los valores proporcionados por el fabricante.

En base a los resultados obtenidos, se puede concluir que un composite cuyos valores alcanzan o rebasan los estándares exigidos por la norma 4049 ISO puede ser elegido para realizar las restauraciones indicadas para éste tipo de materiales.

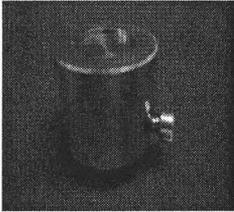
Sin embargo queda abierta la posibilidad de realizar mas estudios ya que faltan por comprobar mas pruebas como la sensibilidad a la luz ambiental, matiz de color o radiopacidad, por mencionar algunas que marca la norma 4049 ISO.

## BIBLIOGRAFÍA

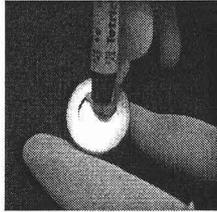
1. Anusavice K. Phillips. Ciencia de los materiales dentales 11<sup>a</sup>.ed. Madrid. Elsevier, 2004.
2. Ashheim K. Barry G. Odontología estética, una aproximación clínica a las técnicas y los materiales 2<sup>a</sup>. ed. Madrid. Mosby, 2002.
3. Crispin B. Bases prácticas de la odontología estética. Barcelona. Masson S.A. 1988
4. Saravia M.A. Nanotecnología y su aplicación clínica en odontología estética y restauradora. Facultad de odontología, Universidad de Minnesota. U.S.A. 2002
5. Craig R. Materiales de odontología restauradora. Madrid. Harcourt-Brace. 1988
6. Craig R. Materiales dentales 3<sup>a</sup>. ed. México. Interamericana. 1985
7. Phillips R. La ciencia de los materiales dentales 8<sup>a</sup>. ed. México. Interamericana. 1986
8. Barceló F. Palma J. Materiales dentales, conocimientos básicos aplicados. México. Trillas. 2003
9. Francisco P. Gomes W. Ruggiero R. Influence of shade and storage time on the flexural strength, flexural modulus, and hardness of composites used for indirect restorations. J. Prosthet Dent. 2001; 86: 289-296.
10. Asaoka K. Hirano S. Diffusion coefficient of water through dental composite resin. Biomaterials. 2003; 24: 975-979.
11. Tsai P. Meyers I. Walsh L. Depth of cure and surface microhardness of composite resin cured with blue LED curing lights. Dental Materials 2004; 20: 364-369.
12. Norma ISO 4049:1998 Dentistry. Resin-based filling materials.

# ANEXO

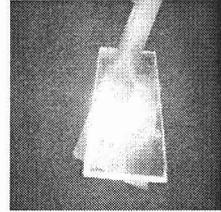
## SORCIÓN Y SOLUBILIDAD



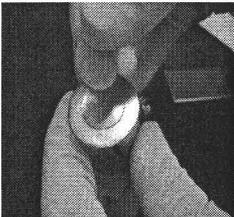
Molde



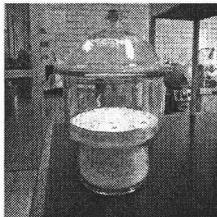
Llenado del molde



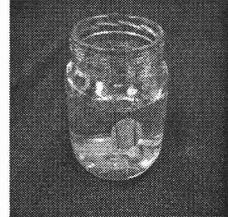
Polimerizado del  
espécimen



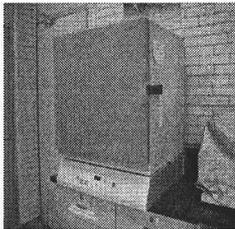
Obtención del  
espécimen



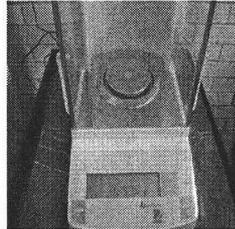
Desecación  
de los especímenes



Almacenamiento  
en agua a 37°C

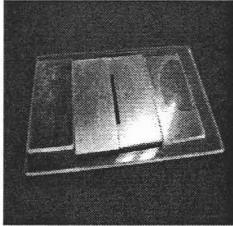


Estufa de temperatura  
controlada

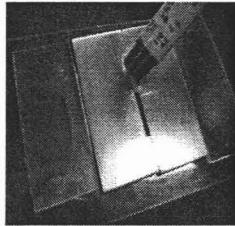


Balanza analítica

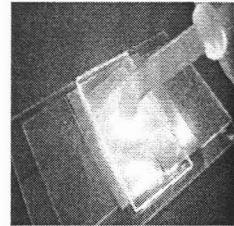
## RESISTENCIA A LA FLEXIÓN Y MÓDULO DE ELASTICIDAD



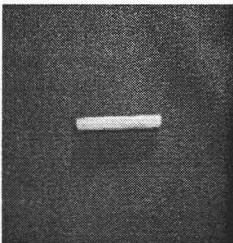
Molde



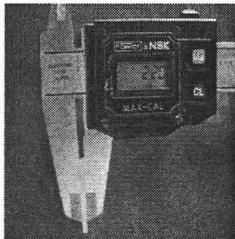
Llenado del molde



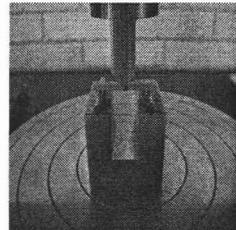
Polimerización  
del espécimen



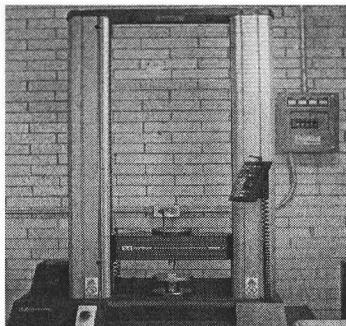
Espécimen



Medición del espécimen

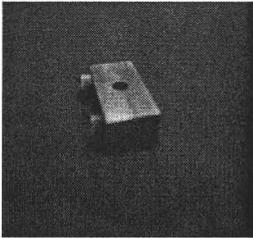


Colocación en la  
máquina Instron

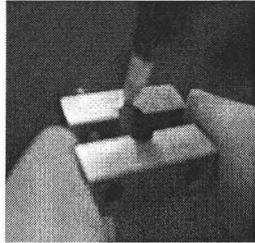


Máquina Instron

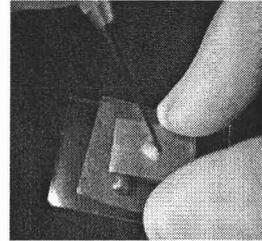
## PROFUNDIDAD DE CURADO



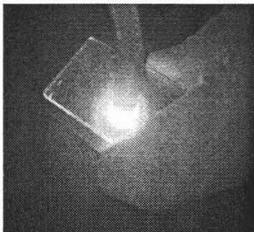
Molde



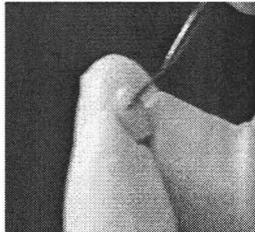
Lubricación del  
molde



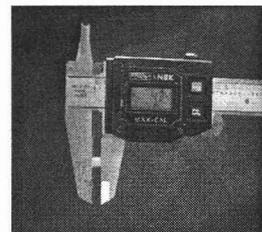
Llenado del  
molde



Polimerización del  
especimen



Eliminación del composite  
no polimerizado



Medición del  
especimen