



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

---

---



**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

**PRUEBAS FÍSICAS A IONÓMEROS DE VIDRIO  
MODIFICADOS CON RESINA**

**T E S I N A**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**CIRUJANO DENTISTA**

*P R E S E N T A :*

**ROGELIO ENRIQUE GONZÁLEZ GARCÍA**

**DIRECTORA: MTRA. JUANA PAULINA RAMÍREZ ORTEGA**

MÉXICO D. F.

AÑO 2007



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.

# ÍNDICE

	Pag.
1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. ANTECEDENTES .....	5
2.1 GENERALIDADES .....	5
2.2 REVISIÓN LITERARIA .....	8
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	14
4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO .....	14
5. HIPÓTESIS .....	15
6. OBJETIVOS .....	15
6.1. GENERAL .....	15
6.2. ESPECÍFICOS .....	15
7. METODOLOGÍA .....	16
7.1. POBLACIÓN DE ESTUDIO .....	16
7.2. MUESTRA .....	16
7.3. CRITERIOS DE INCLUSIÓN .....	17
7.4. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN .....	19
7.5. CRITERIOS DE ELIMINACIÓN .....	19
8. MATERIALES Y MÉTODO .....	20
8.1. PROFUNDIDAD DE CURADO .....	20
8.2. SORCIÓN ACUOSA Y SOLUBILIDAD .....	22
8.3. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN .....	26
8.4. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN .....	29
9. RESULTADOS .....	31
9.1. PROFUNDIDAD DE CURADO.....	31
9.2. SORCIÓN ACUOSA Y SOLUBILIDAD .....	33
a) Sorción acuosa.....	33
b) Solubilidad.....	34
9.3. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN .....	35
9.4. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN .....	36
10. DISCUSIÓN.....	37

11. CONCLUSIONES.....	39
12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	40

# 1. INTRODUCCIÓN

Los materiales de restauración usados en odontología requieren de una durabilidad a largo plazo en la cavidad oral. Este es un ambiente complejo donde los materiales están en contacto con saliva, la cual contiene una variedad de especies inorgánicas y orgánicas, junto con una flora bacterial compleja.

En 1969 por primera vez se dan a conocer a los cementos de ionómero de vidrio, cuyas características principales favorables se indican como, cemento restaurador, para base, adhesivo y capaz de liberar fluoruro y sus propiedades no deseables tales como baja resistencia a la compresión, alto desgaste, sensibilidad a la humedad, poco estético, estos materiales dentales han sido estudiados además de que han estado en perfeccionamiento constante con el fin de garantizar mayor éxito ante algún procedimiento clínico en específico.

Desde sus inicios a la fecha, este material ha sido modificado y reforzado con diversos materiales, con el fin de mejorar sus propiedades físicas obteniendo benéficos resultados tanto para el dentista como para el paciente. Los ionómeros híbridos o modificados con resina (IVMR) son los que se estudian en esta investigación.

Es una realidad que este material actualmente no esté regido por ninguna norma internacional, por tanto se le realizarán algunas pruebas físicas en el laboratorio basándonos en la norma N° 27 de la Asociación Dental Americana (ADA), para resinas con relleno, esperando que los valores obtenidos al final sean lo más semejante a lo que pide la norma que por el contenido de resina y por su característica de fotopolimerización cumplan los parámetros que establece esta norma para materiales de relleno basados en resinas.

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1 GENERALIDADES

#### Cemento de Ionómero de vidrio

Desde el desarrollo del material de cemento de ionómero de vidrio en el año de 1969 por Wilson y Kent en Inglaterra, se pensó que el material podría incorporarse a la odontología por presentar diversos usos y funciones que hacían factible su introducción a la Odontología. (1)

El cemento de ionómero de vidrio ha sido considerado como un material restaurador adhesivo y estético capaz de liberar fluoruro. El ionómero de vidrio presenta en la composición del polvo, un vidrio de aluminio-silicato con alto contenido de flúor, formado por la fusión de algunos componentes como: alúmina, cuarzo, fosfato de aluminio, fluorita, aluminio trifluorurado, etc. (2)

#### Propiedades de los componentes

**VIDRIO.** Se presenta en forma de polvo y es capaz de liberar gran cantidad de iones calcio, aluminio, de ahí el nombre: “vidrio ionómero”, al ser atacado por el ácido. La presencia de flúor, facilita el manejo del material, al retardar la gelación, pues reacciona más rápido que los iones más pesados. Si estos iones reaccionaran más rápido que los iones más pesados, la gelación sería rapidísima y el material sería una pasta inmanejable.

**POLIÁCIDO.** El poliácido en forma de líquido, inicialmente estaba formado por ácido poliacrílico en solución acuosa. Pero puede intercambiarse con otros ácidos (tartárico, maleico). De manera más genérica, se puede denominar este ácido como carboxílico, debido a que su cadena contiene gran cantidad de radicales carboxílicos (COOH).

AGUA. Es un componente esencial de la fórmula. Su misión es proporcionar el medio en el que se realizan los intercambios iónicos. Su falta o exceso produce alteraciones estructurales con tendencia al resquebrajamiento al desecarse. Los cementos de ionómero de vidrio primero tenían una tendencia a cuartearse al ser desecados en cualquier momento, pero principalmente en las primeras fases de la reacción o erosionarse al ser mojados, antes de que el cemento estuviera maduro.

#### Modificaciones de los Cementos de Vidrio Ionomérico

Como una consecuencia de los puntos débiles que presenta el material (baja resistencia a la compresión y a la abrasión), estética pobre se le han introducido modificaciones en su composición original buscando obtener un material con mejores propiedades estéticas, mecánicas y tiempo de trabajo adecuado. De lo anterior podemos analizar las modificación realizada a este material:

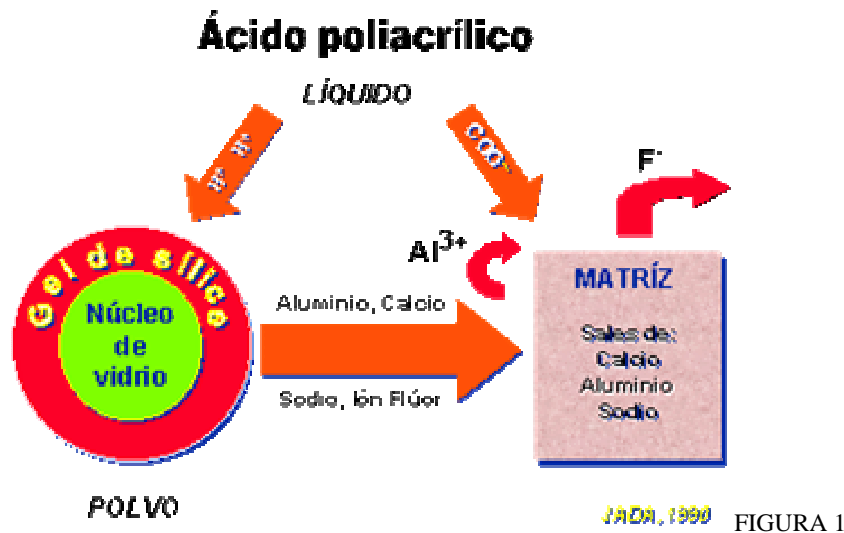
#### Modificados con resina

Esta modificación se obtiene agregándole al líquido del Vidrio Ionomérico grupos laterales de vinilo y moléculas hidrofílicas como el hidroxietilmetacrilato (HEMA) capaces de polimerizar, obteniéndose de esta manera una polimerización por adición. A pesar de esta modificación la reacción sigue siendo ácido-base pero es complementada con una reacción de polimerización lográndose así un mejor control del tiempo de trabajo, aunque siguen sin poder ser utilizados en caras oclusales, ni se logra mejorar sus características ópticas si lo comparamos con una resina compuesta.

## Reacción de Fraguado

Ya se aclaró que la reacción es de tipo ácido-base, pero para su comprensión podemos analizarla en cuatro pasos de manera didáctica:

1. La solución acuosa de ácido poliacrílico se ioniza, liberando hidrogeniones ( $H^+$ ) y radicales carboxílicos ( $COO^-$ ).
2. Los hidrogeniones atacan la superficie del polvo de vidrio aluminosilicato, liberando cationes de  $Al^{3+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $AlF_2^+$ .
3. Los cationes formados anteriormente, reaccionan con los hidrogeniones formando una sal.
4. Los iones complejos de  $AlF_2^+$  formados en el segundo paso, se disocian, liberando  $F^-$  al medio y permitiendo que el catión  $Al^{3+}$  siga reaccionando con los grupos carboxílicos formando más sal. (3)



(3)



Los IVMR se someten a una activación dual. La mezcla de los componentes inicia el curado químico ácido-base activando la reacción común de los cementos de ionómero de vidrio. Además, la exposición a la luz visible inicia la polimerización de radicales libre de agua-soluble monómeros y/o grupos penta metacrilatos (Wilson, 1990;Mitra, 1994).

La adición de HEMA, un monómero hidrofílico de resina. IVMR podrían comportarse como un hidrogel el cual tiene el proceso de ambíbis de agua, se hincha y se debilita (Mclean, 1994). (4)

## **2.2 REVISIÓN LITERARIA**

### **Profundidad de curado del ionómero de vidrio modificado con resina**

Poca información con respecto al completo curado de los materiales para restauración IVMR es confiable. La hipótesis probada fue que la profundidad de curado podría lograr un incremento sobre el tiempo como resultado del mecanismo de curado químico dentro de los materiales.

El curado de todos los materiales de IVMR depende de algún grado de activación por luz. Sin embargo, los materiales tienen un mecanismo de curado-químico que podría incrementar la profundidad de curado. Este estudio fue conducido para evaluar la profundidad del curado de cinco materiales restaurativos de ionómero de vidrio modificado con resina.

De Fuji II LC (GC América), Geristore (Den-Mat), Photac Fill (ESPE Aérica), Variglass (Caulk/Dentsplay), y Vitremer (3M) fueron fabricados en moldes de teflón. Cada material fue activado con luz visible por 40s. Las muestras medían 5mmX5mmX9mm (profundidad, pero los materiales a profundidades mayores de 5mm fueron muy suaves para medir.

La microdureza (KHN) de la superficie a 1mm incrementó debajo de la superficie después de cada muestra fue medido a los 10 min, a 1 y 7 días después del fotocurado. A los 10 min post radiación, las principales capas (0-1mm) de cada material fueron significativamente mas duras que las capas profundas (4-5mm). sin embargo al día 1, Geristore, Photac-Fil, Vitremer y Fuji II LC obtuvieron una dureza uniforme, sin considerar la profundidad de curado. En contraste, la dureza de Variglass disminuyó significativamente con la profundidad, de 43.3 en la superficie a 11.7 a 5mm. en el día 7, Photac-Fill, Vitremer y Fuji II LC tuvieron mayor dureza uniforme en la profundidad que cualquiera como son Geristore o Variglass.

Inmediatamente después de la activación por luz, las capas superiores de cada material fueron más duras que las capas profundas, pero el grado de curado en las capas profundas mejoraron con el tiempo. Variglass fue el único material que en su dureza inicial obtuvo 5mm y en su dureza final fue significativamente diferente al día 1, lo que sugiere que Variglass tiene un menor mecanismo de efecto de curado-químico que los otros materiales probados.

Se determinó que en estos estudios in Vitro, condiciones específicas en el experimento podría afectar la relevancia clínica en este estudio. El curado, almacenado y las pruebas fueron llevadas fuera de un ambiente con temperatura controlada. Es posible que los materiales podrían computarse diferente a temperaturas mayores asociada con la cavidad oral (37°C).

No obstante, los resultados de este estudio sugieren que la profundidad de curado de la mayoría de los IVMR es relativamente limitada después de la activación con luz. Para la mayoría de los materiales, el grado de curado dentro de los materiales es mejor cuando se mide al día 1 después de la radiación. Variglass tiene el menor grado de mejoramiento de curado en función del tiempo, indicando que tiene una menor efectividad en el mecanismo de curado químico que los otros materiales probados. (5)

### **Características de absorción de agua de los cementos de ionómero de vidrio modificado con resina**

Cuando los materiales restaurativos toman agua sus dimensiones e integridad estructural se pueden afectar. Este estudio determinó, usando un medidor gravimétrico, las características de absorción de agua de cuatro cementos de ionómero de vidrio modificados con resina (IVMR), inmersos en agua destilada o en agua destilada o en agua artificial. Los cambios dimensionales del almacenado en agua también características en la absorción de agua. El porcentaje de absorción de agua y solubilidad de los IVMR para forro/base, fueron significativamente mayores que en los cementos para restauraciones. Se encontraron mayores valores de coeficiente de difusión de absorción, en el material de un fabricante. Se presentaron diferencias significativas en los coeficientes de difusión, de desabsorción de los cuatro cementos entre ellos, pero se presentaron mayormente los coeficientes de proporción, indicando una pérdida rápida de agua de los cementos desecados. Todos los cementos se expandieron en la inmersión al agua ó se contrajeron durante la desabsorción.

El propósito de la presente investigación fue la de determinar las características de la absorción de agua y la solubilidad de dos IVMR para forro/base y dos para

restaurar usando mediciones con un gravímetro, para monitorear los cambios dimensionales durante la inmersión acuosa. Los materiales de forro/base y restaurativos son generalmente diferentes en la presentación del volumen, los restaurativos tienen mayor rellenos y como consecuencia un menor contenido de resina.

Para este estudio se utilizaron cuatro IVMR que se mezclan a mano. Para restauración fueron Vitremer (VM-3M) y Fuji II LC (FC-GC) y dos cementos para forro/base que son el Vitrebond (VB-3M) y Fuji Linning LC (FL-GC). Cinco discos (10mm de diámetro, 1mm de espesor) de cada material se prepararon en anillos de acero inoxidable. El material ya mezclado fue colocado dentro de los anillos, presionados entre dos porta objetos y curada por 60s usando una unidad de curado precalibrador de luz visible (Luxor, Imperial Chemical Industries plc, UK). Cada exposición fue de 60s para asegurar una completa polimerización. Después se removieron de los moldes. El espesor y el diámetro de cada muestra fue medido cinco veces usando un micrómetro digital (Micro 200, More y Wrigt Ltd., UK) con una precisión de 0.0001mm.

En este estudio se determinó que los IVMR, como los ionómeros de vidrio convencionales, contiene agua como una parte integral de su estructura, con la adición de una matriz de resina. Por lo tanto el método de absorción de agua para los IVMR en este estudio fue modificado del usado para los materiales a base de resina, entonces eso no afectó la reacción ácido/base fundamental que ocurre en los materiales. Según la norma de ISO 4049 para materiales de base de resina, las muestras son disecadas inmediatamente después de comenzar los ciclos de reabsorción. Para los IVMR, sin embargo, esto no se hizo, ya que se podría remover alguno o ambos de agua libre la cual es esencial para el proceso de reacción de ácido/base y el agua es parte esencial en la estructura de los cementos. En este estudio las muestras fueron inmersas y almacenadas en un medio después de su elaboración. (6)

Las diferencias en las características de absorción de los IVMR podría atribuirse a las diferencias en sus composiciones y el grado de polimerización.

En este estudio, los IVMR mostraron una mayor absorción de agua en saliva artificial que los de agua destilada. Esto podría ser debido al colapso de la estructura de los cementos de la saliva artificial de la muestra.

Los valores de solubilidad representan la cantidad de monómeros no cubiertos dejados fuera del cemento, esto lograría reflejar un grado de polimerización o de conversión menor que podría ocurrir en los IVMR para forro/base debido a la gran cantidad de monómeros residuales, el cual resulta en su alta solubilidad con respecto a los cementos para restauración.

El mayor índice de absorción de agua por FC y FL que VM y VB fue probablemente debido a las diferencias en la estructura de la dureza del material y el porcentaje de la incorporación de HEMA.

La absorción del coeficiente de difusión durante el segundo ciclo fue menor que aquellos del primer ciclo. Esto podría sugerir un colapso estructural ocurrido en los materiales. Esto apareció en las muestras de Fuji II LC y Fuji Lining LC. Este efecto es menos en las muestras de Vitremer y Vitrebond, no existieron cambios físicos observables. La desabsorción de coeficiente de difusión de los IVMR indican que estos materiales, en el caso del ionómero convencional, es también sensible a la desecación, como el agua. De este modo algunas formas de protección de la superficie es recomendada para esos materiales. (6)

## Propiedades mecánicas en el mejoramiento del fotocurado de los IVMR. “Resistencia a la Flexión y Compresión”

Este estudio investigó las propiedades mecánicas (dureza, resistencia a la compresión y resistencia a la flexión) del IVMR fotopolimerizable (Fuji II LC). Efectos en el incremento de la relación de polvo-líquido en las propiedades mecánicas y la correlación entre las diferentes propiedades mecánicas que también fueron estudiadas.

Las propiedades mecánicas del cemento utilizando la proporción de polvo-líquido como lo recomienda el fabricante, en cuanto al líquido se respetó la proporción que recomienda el fabricante y el polvo (F) se modificó para realizar este estudio aumentándolo al 2% (F2), y al 4% (F4), y fue medido después de un día, una semana, un mes de almacenaje en agua destilada a 37°C. La prueba de dureza fue hecha con un probador de microdureza digital. La resistencia a la flexión y a la compresión se basaron en la ISO 4049 y BS6039 respectivamente.

Bajo las condiciones de este estudio In Vitro se llegó a las siguientes conclusiones:

1.-El cemento Fuji II LC mejoró, como lo recomiendan los fabricantes en una relación polvo-líquido de 3.2g/1g. Logró su dureza máxima, la resistencia a la flexión y a la compresión una semana después. Y disminuyó en todas sus propiedades mecánicas con un continuo almacenaje en agua a 37°C.

2.-Un incremento del 2% en el peso del polvo (polvo: relación de líquido de 3.26/1g) mejoró significativamente la resistencia a la compresión pero disminuyó a la flexión.

3.-Un incremento de 4% en el peso del polvo (polvo: relación líquido de 3.32g/1g) mejoró significativamente la resistencia a la flexión pero disminuyó a la compresión. (7)

### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Uno de los principales usos de los cementos de ionomero de vidrio, desde su introducción, (1970) ha sido como material restaurador, cuyas propiedades físicas como baja resistencia a la compresión y alto desgaste, motivaron a los fabricantes para mejorarlos y esto lo lograron, adicionándole polímeros con el fin de reforzar sus propiedades y que tengan buen desempeño clínico. Estos ionómeros de vidrio modificados con resina no poseen una norma propia para evaluar si cumplen los estándares para cementos dentales restauradores, que establecen los organismos internacionales por lo que es necesario evaluar las propiedades físicas de este grupo de materiales basándonos en la norma N° 27 de la Asociación Dental Americana.



## **4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

Es necesario comprobar mediante pruebas físicas que los ionómeros modificados con resina cumplan con ciertas características físicas para lograr un desempeño clínico adecuado.

## **5. HIPÓTESIS**

Los ionómeros de vidrio modificados con resina (IVMR) alcanzarán valores semejantes a lo que exige la norma N° 27 de la ADA para materiales de restauración basados en resina en las pruebas de profundidad de curado, sorción acuosa y solubilidad, resistencia a la flexión y resistencia a la compresión.

## **6. OBJETIVOS**

### **6.1 GENERAL**

De acuerdo a la norma N° 27 de la Asociación Dental Americana, realizar pruebas físicas a los ionómeros de vidrio modificados con resina.

### **6.2 ESPECÍFICOS**

A los ionómeros de vidrio modificados con resina de uso restaurativo ó reconstructivo, Fuji II LC (CG) y Vitremer<sup>MR</sup> (3M ESPE), y al ionómero de vidrio modificado con resina para base de Vitrebond<sup>TM</sup> (3M ESPE). Se les realizarán las pruebas de:

1. Profundidad de curado.
2. Sorción acuosa y solubilidad.
3. Resistencia a la flexión.
4. Resistencia a la compresión.

## **7. METODOLOGÍA**

### **7.1 POBLACIÓN DE ESTUDIO**

- Ionómeros de vidrio modificados con resina.

### **7.2 MUESTRA**

- IVMR restaurador Fuji II LC (GC). Lote No. 0607041. Fecha de caducidad: Jul. de 2008. Tono A2, Presentación en polvo de 5g. y líquido de 3g.(2.6ml).

- IVMR restaurador Vitremer<sup>MR</sup> (3M ESPE). Lote No. 2006-03 28. Fecha de caducidad: Mar. de 2009. Tono P, Presentación en polvo de 9g. y líquido de 9.6g.(8ml).

- IVMR base cavitaria Vitrebond<sup>TM</sup> (3M ESPE). Lote No. 20060725. Fecha de caducidad: May. de 2009. presentación en polvo de 9g. y líquido de 5.5ml.

### 7.3 CRITERIOS DE INCLUSIÓN



FIGURA 2

IVMR restaurador Fuji II LC (GC), Tokio Japan.



FIGURA 3

IVMR restaurador Vitremer<sup>MR</sup> (3M ESPE), U.S.A.



FIGURA 4

IVMR base cavitaria Vitrebond™ (3M ESPE), U.S.A.



FIGURA 5

Lámpara de Luz Halógena  
COLTÉNE/WHALEDENT INC. U.S.A.



FIGURA 6  
Radiómetro de curado  
DEMETRON RESEARCH CORP. U.S.A.

#### **7.4 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN**

- Todos los ionómeros modificados con resina no incluidos.
- Ionómeros convencionales.

#### **7.5 CRITERIOS DE ELIMINACIÓN**

- Todas las muestras de los materiales que no cumplan con las dimensiones que pide la norma en las pruebas a realizar ó las muestras que presenten defectos.

## 8. MATERIALES Y MÉTODO

### 8.1 Profundidad de curado

Basado en la norma N° 27 ADA

Procedimiento:

Se colocó el molde de acero inoxidable de 4 mm de diámetro y 6 mm de altura sobre un porta objetos cubierto por un tramo de cinta mylar, y se lubricó el interior del mismo con aceite de silicón como medio separador se colocó en el interior del hacedor el ionómero de vidrio modificado con resina mezclado de acuerdo con las instrucciones del fabricante, se condensó con la espátula hasta su llenado teniendo cuidado de no dejar burbujas de aire, inmediatamente después se cubrió con un tramo de cinta mylar para después presionarla con un portaobjetos y se eliminara el exceso de material, posteriormente se polimerizó solo por la parte superior del molde por el tiempo que indica el fabricante, con una lámpara de luz halógena (Colténe/Whaledent Inc. U.S.A.). Se removió la muestra del molde ( $180 \pm 20$ ) s después de completar la exposición y suavemente se retiró el material sin curar con una espátula de plástico, y se midió la altura del cilindro de material curado con el Vernier digital (Max Cal Japan), con una exactitud de  $\pm 0.1$  mm. Y se dividió la medición entre 2.

Este procedimiento se realizó tres veces de acuerdo a lo que pide la norma en la que nos basamos. (8)

## Interpretación de resultados

La altura del cilindro de material curado con el micrómetro a una exactitud de  $\pm 0.1$  mm. Y se divide la medición entre 2.

Registrará este valor así como la profundidad del curado.

Si los tres valores son mayores de 1 mm, el material ha cumplido con el primer requerimiento de Profundidad de curado

Con el objeto de cumplir con el segundo requerimiento de profundidad de curado, los tres valores no deben ser mayores de 0.5 mm por debajo del valor establecido por el fabricante.



FIGURA 7

(Materiales de apoyo para realizar la prueba).



## 8.2 Sorción acuosa y solubilidad

Basado en la norma N° 27

Procedimiento:

Se colocó el molde de acero inoxidable de (15 B 1) mm de diámetro, y con el Vernier (Max Cal Japan) se dio una profundidad de (0.5 B 1) mm, se aseguro con un tornillo el molde para no sufrir cambios en la medida anterior mencionada, recibió lubricación la superficie de este como medio separador y se llenó con ionómero de vidrio modificado manipulado de acuerdo a las instrucciones del fabricante, con la espátula hasta su llenado e inmediatamente después se cubrió la superficie del molde con un tramo de cinta mylar además de un portaobjetos haciendo presión para que el espécimen quedara uniforme, se 5 fotopolimerizó en zonas con una lámpara de luz halógena (Colténe/Whaledent Inc. U.S.A.), por el tiempo que indica el fabricante, posteriormente se eliminaron los excedentes y así se retiró una a una del molde las muestras para ser almacenadas en un desecador de (silica gel) introduciendo este a  $(37\pm 1)^{\circ}\text{C}$  en la estufa de temperatura controlada (Felisa<sup>R</sup> México), por 24 h, pasado este tiempo se sacó el desecador (silica gel) de la estufa de temperatura controlada, durante 1 h manteniéndolo ahora a  $(23 \pm 1)^{\circ}\text{C}$  que es la temperatura controlada interna del laboratorio de pruebas, inicialmente se pesaron las muestras en la balanza analítica (Ohaus Germany), se repitió este ciclo para obtener una masa constante y hasta que la masa perdida por cada espécimen no fuera mas de 0.2  $\mu\text{g}$  en un periodo de 24 h, entonces ya estabilizado se registro el valor como  $m_1$ , se sumergieron en un recipiente con agua bidestilada durante siete días en la estufa de temperatura controlada, para después sacarlos de la estufa y lavar las muestras con agua bidestilada además de secar con aire durante 15 segundos y pesar las muestras para obtener la masa 2 ( $m_2$ ) se llevaron las muestras nuevamente al desecador (silica gel) que se introdujo a la estufa de temperatura controlada

(Felisa<sup>R</sup> México) a  $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$  durante 24 h y posteriormente después de este tiempo se saco el desecador a temperatura controlada de  $(23\pm 1)$ , esperando 1 h para poder pesar las muestras, repitiendo el mismo ciclo hasta que se obtuvo una masa constante tomada como  $(m_3)$ . Se realizaron 5 muestras por cada prueba tal como no lo indica la norma N° 27 de la ADA.

Datos para desarrollar los cálculos;

Medirá el diámetro y el espesor del espécimen desde el centro de la circunferencia y hacia cuatro puntos colocados a la misma distancia; calcular el volumen, V, en milímetros cúbicos.

Cálculo y expresión de resultados

Sorción acuosa

Calculará los valores para sorción acuosa, W<sub>sp</sub>, en microgramos por milímetro cúbico, para cada uno de los cinco especímenes utilizando la siguiente ecuación:

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

En donde:

$m_2$  es la masa del espécimen expresada en microgramos, después de su inmersión en agua durante 7 días;  $m_3$  es la masa reacondicionada de la muestra expresada en microgramos.

V es el volumen de la muestra expresado en milímetros cúbicos.

Interpretación de los resultados de las pruebas de sorción acuosa.

Si los cuatro de los cinco valores están por debajo de  $50 \mu\text{g} / \text{mm}^3$ , se considera que el material ha cumplido con los requisitos.

Si dos de los valores obtenidos están por debajo de  $50 \mu\text{g} / \text{mm}^3$ , se considera que el material ha fracasado.

Si tres de los valores están por debajo de  $50 \mu\text{g} / \text{mm}^3$ , repetir toda la prueba. Si todos los valores están por debajo de  $50 \mu\text{g} / \text{mm}^3$  en la segunda serie, se considera que el material paso toda la prueba.

Solubilidad.

Calculará los valores para solubilidad,  $W_{s1}$ , en microgramos por milímetro cúbico, para cada uno de los cinco muestras utilizando la siguiente ecuación:

$$W_{s1} = m_1 - m_3 / V$$

En donde,

$m_1$  es la masa acondicionada expresada en microgramos, antes de su inmersión en agua.

Interpretación de resultados de las pruebas de solubilidad

Si los cinco valores obtenidos están por debajo de  $50 \mu\text{g} / \text{mm}^3$ , se considera que el material cumple con los requisitos.

Si dos de los valores obtenidos están por debajo de  $50 \mu\text{g} / \text{mm}^3$ , se considera que el material ha fracasado.

Si tres de los valores obtenidos están por debajo de  $50 \mu\text{g} / \text{mm}^3$ , repetir toda la prueba. Si todos los valores están por debajo de  $50 \mu\text{g} / \text{mm}^3$  en la segunda prueba, se considera que el material pasó toda la prueba. (8)



FIGURA 8

(Materiales de apoyo para realizar la prueba)

### 8.3 Resistencia a la flexión

Basado en la norma N° 27 ADA

Procedimiento:

Todos los cementos se manipularon siguiendo las indicaciones de los fabricantes. Se colocó un tramo de cinta mylar sobre la base de vidrio en donde se ajustaron los moldes de acero inoxidable de  $(25\pm 2)\text{mm}$  X  $(2\pm 0.1)\text{mm}$  X  $(2\pm 0.1)\text{mm}$ , el cual se lubricó con aceite de silicón como medio separador, se llenó el molde con la mezcla del ionómero de vidrio modificado con resina, condensándolo con la espátula, inmediatamente después se cubrió con un tramo de cinta mylar y con un portaobjetos y se hizo presión sobre el molde para que quedara uniforme la muestra además de que se eliminaran los excedentes, posteriormente se polimerizó en tres puntos (central y laterales) por el tiempo que indica el fabricante, por cada lado superior e inferior, se retiró la muestra del molde y se eliminaron los excedentes. Se sumergió la muestra en agua bidestilada manteniéndolo a  $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$  por 15 minutos. Y posteriormente la muestra en un recipiente pequeño sumergido en agua bidestilada durante 24 horas a  $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$  en la estufa de temperatura controlada (Felisa<sup>R</sup> México), una vez transcurrido el tiempo se sacó del recipiente la muestra y se secó para medirlo con el vernier (Max Cal Japan) con precisión  $\pm 1\text{mm}$ , además de que se lijaron cada una de las muestras para eliminar las irregularidades y llevarlos a el dispositivo requerido para esta prueba realizado en la máquina universal de pruebas mecánicas Instron serie 9<sup>na</sup>. (U.S.A.). Este procedimiento se realizó 5 veces como lo marca la norma en la que nos basamos. (8)

## Cálculo y expresión de resultados

### Resistencia a la flexión

Se calcula la fuerza de flexión,  $\sigma$ , en megapascales, con la siguiente ecuación:

$$\sigma = \frac{3 F l}{2 b h^2}$$

Donde

$F$  máxima carga, en newtons, ejercida en la muestra;

$l$  distancia, en milímetros, entre los soportes, con una precisión de  $\pm 0,01$  mm;

$b$  ancho, en milímetros, de la muestra medida inmediatamente antes de la prueba:

$h$  altura, en milímetros, de la muestra medida inmediatamente antes de la prueba.

### Módulos de flexión

Calcular los módulos de flexión,  $E$  en megapascales, con la siguiente ecuación:

$$E = \frac{F l}{4 b h^3 d}$$

Donde

$F_l$  carga, en newtons, en un punto conveniente de la porción de la línea recta del trazo;

Nota : Para mayor precisión, la línea recta puede extenderse.

$d$  deflexión, en milímetros, a una carga  $F_l$ .

$l$ ,  $b$  y  $h$  ya se definieron previamente.

Interpretación de resultados

Calcular los resultados de las cinco fuerzas de flexión.

Si las cuatro o cinco muestras están arriba de 50 MPa, se considera que el material ha cumplido con uno de los requerimientos de resistencia a la flexión.

Si las cuatro o cinco muestras están abajo de 50 MPa, se considera que el material ha fallado absolutamente.

Si solo tres de los resultados son mayores de 50 MPa, repita la prueba completa.

Si solo cuatro de los resultados están arriba de 50 MPa, el la segunda ocasión, se considera que el material ha fallado la prueba completamente.

Si las cuatro o cinco muestras de un total de cinco o en donde fue necesario hacer una segunda serie, ocho o nueve de diez muestras tuvieron arriba de 50 MPa, descartar los resultados fallidos y calcular la resistencia flexural media, de las muestras exitosas.

Calcular el módulo de flexión, en megapascales, de cada una de las muestras exitosas y determinará el valor medio,  $E$ , utilizando este valor medio, calcular el valor de  $N$ , en megapascales, utilizando la siguiente fórmula:

$$N = (E \times 0,0025) + 40$$

Se considera que el material deberá cumplir con el segundo requisito de resistencia a la flexión si  $\sigma > N$ .

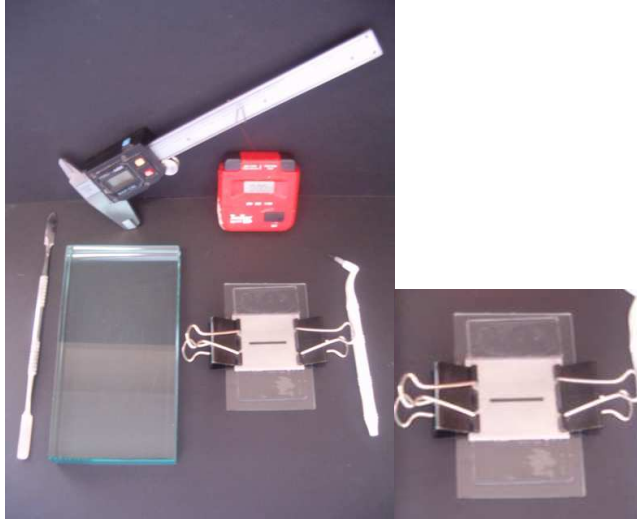


FIGURA 9

(Materiales de apoyo para realizar la prueba).

#### **8.4 Resistencia a la compresión**

Basado en la norma N° 27

Procedimiento:

Se colocó el molde cilíndrico de vidrio de 4 mm de diámetro y 6 mm de altura sobre un porta objetos cubierto por un tramo de cinta mylar, y se lubricó el interior del molde con aceite de silicón como medio separador, se colocó en el interior del este la mezcla de ionómero de vidrio modificado con resina, condensando con la espátula hasta su llenado, inmediatamente después se cubrió con un tramo de cinta mylar para que después se presionara con un portaobjetos y quedara uniforme nuestra muestra y se retiraran los excedentes, posteriormente se polimerizó la parte superior e inferior del molde cada una por el tiempo que indica el fabricante, con una lámpara de luz halógena (Colténe/Whaledent Inc. U.S.A.), transcurrido el tiempo se retiró la muestra del hacedor y se eliminaron los excedentes del material. Veintitrés horas y cincuenta minutos después del principio del mezclado, se transfirieron las muestras a la máquina universal de





## 9. RESULTADOS

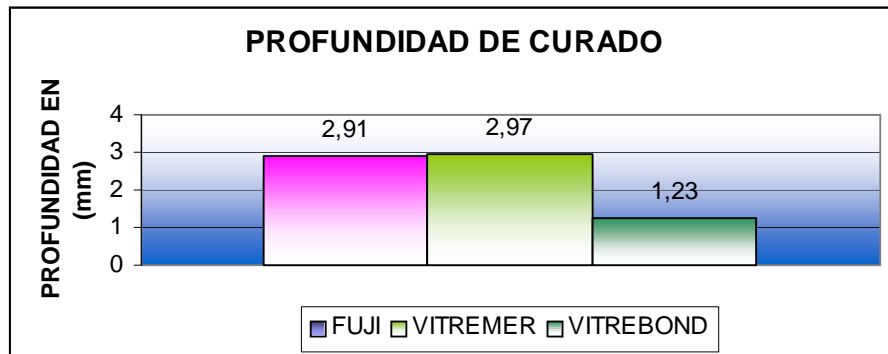
### 9.1 Profundidad de curado

Los resultados obtenidos de los materiales utilizados en este estudio se presentan en la tabla 1 y gráfica 1.

PROFUNDIDAD DE CURADO EN (mm)			
	FUJI II LC (GC)	VITREMER <sup>MR</sup> (3M ESPE)	VITREBOND <sup>TM</sup> (3M ESPE)
MUESTRA 1	2.8	2.97	1.375
MUESTRA 2	2.965	2.965	1.13
MUESTRA 3	2.975	2.97	1.2
PROMEDIO	2.91	2.97	1.235

Fuente directa

TABLA 1 Se muestran los valores resultantes de cada prueba de los cementos dividido entre 2 tal y como lo pide la norma N° 27 de la ADA, así como el promedio de cada una de las muestras reportando FUJI II LC (GC) y VITREMER<sup>MR</sup> (3M ESPE) valores muy semejantes a diferencia de VITREBOND<sup>TM</sup> (3M ESPE) con valores de curado mas bajos.



GRÁFICA 1 Se muestra valores altos y similares entre Fuji y Vitremer a diferencia de Vitrebond que marca valores inferiores, quizá debido a que es un material para forro, y que tiene que presentar escurrimiento para su uso.

## Resultados:

### 1er. Requerimiento de profundidad de curado.

-Los tres valores obtenidos en “promedio” son mayores a 1mm tal como lo pide la norma N° 27 (ADA) por lo tanto esta prueba ha cumplido.

### 2do. Requerimiento de profundidad de curado.

PROFUNDIDAD DE CURADO EN (mm)		
FUJI II LC (GC)	VITREMER <sup>MR</sup> (3M ESPE)	VITREBOND <sup>TM</sup> (3M ESPE)
1.8	2.5	*1.0

*Fuente directa*

TABLA 2 Se muestran los valores de profundidad de curado que indica el fabricante por marca de material aunque \*VITREBOND<sup>TM</sup> (3M ESPE) no muestra la tabla de profundidad de curado ya que es un material para forro cavitario.

## 9.2 Sorción acuosa y solubilidad

### a) Sorción acuosa

Los resultados obtenidos de los materiales utilizados en este estudio se presentan en la tabla 3, 3.1 y gráfica 2.

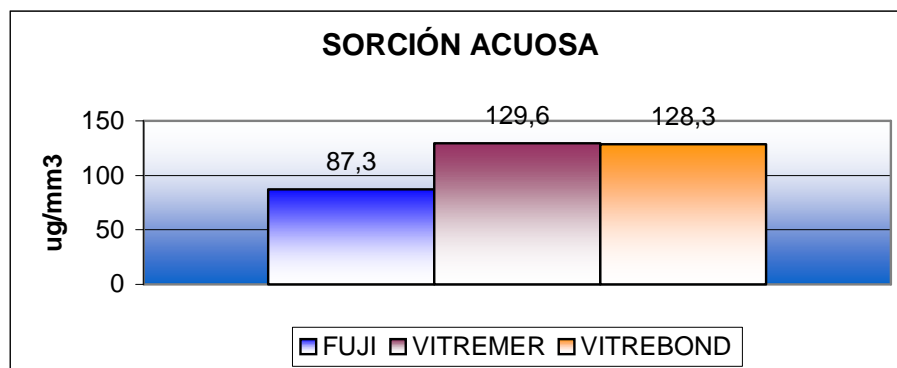
SORCIÓN ACUOSA			
MUESTRA	FUJI II LC (GC)	VITREMER <sup>MR</sup> (3M ESPE)	VITREBOND <sup>TM</sup> (3M ESPE)
	$\mu\text{g} / \text{mm}^3$		
1	71.3	115.4	96.2
2	86.0	139.2	129.0
3	91.6	123.3	125.6
4	97.3	117.7	144.8
5	90.5	152.7	145.9
PROMEDIO	87.3	129.6	128.3

Fuente directa

TABLA 3

<p>CONFORME A LA NORMA N° 27 (ADA) EL REQUERIMIENTO ES DE <math>&lt; 50 \mu\text{g} / \text{mm}^3</math></p>
<p>NINGÚN MATERIAL PASA LA PRUEBA</p>

TABLA 3.1



GRÁFICA 2 Se muestra un promedio total de los valores obtenidos de cada marca de ionómeros utilizados en este estudio, revelando dos valores muy semejantes entre Vitremer y Vitrebond a diferencia de Fuji con un valor mas bajo.

## b) Solubilidad

Los resultados obtenidos de los materiales utilizados en este estudio se presentan en la tabla 4, 4.1 y gráfica 3.

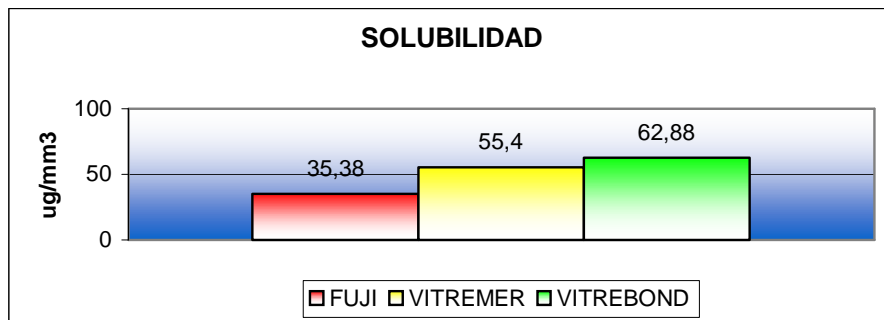
SOLUBILIDAD			
MUESTRA	FUJI II LC (GC)	VITREMER <sup>MR</sup> (3M ESPE)	VITREBOND <sup>TM</sup> (3M ESPE)
	$\mu\text{g} / \text{mm}^3$		
1	28.3	59.9	109.7
2	21.87	57.7	47.5
3	43	63.3	50.9
4	43	48.6	36.2
5	40.7	47.5	70.1
PROMEDIO	35.3	55.4	66.2

Fuente directa

TABLA 4

MATERIAL	CONFORME A LA NORMA N° 27 (ADA) EL REQUERIMIENTO ES DE $< 50 \mu\text{g} / \text{mm}^3$
FUJI II LC (GC)	PASA LA PRUEBA
VITREMER <sup>MR</sup> (3M ESPE)	NO PASA LA PRUEBA
VITREBOND <sup>TM</sup> (3M ESPE)	

TABLA 4.1



GRÁFICA 3 Se muestra un promedio total de los valores obtenidos de cada marca de ionómeros utilizados en este estudio revelando un aumento gradual entre cada material.

### 9.3 Resistencia a la flexión

Los resultados obtenidos de los materiales utilizados en este estudio se presentan en la tabla 5, 5.1 y gráfica 4.

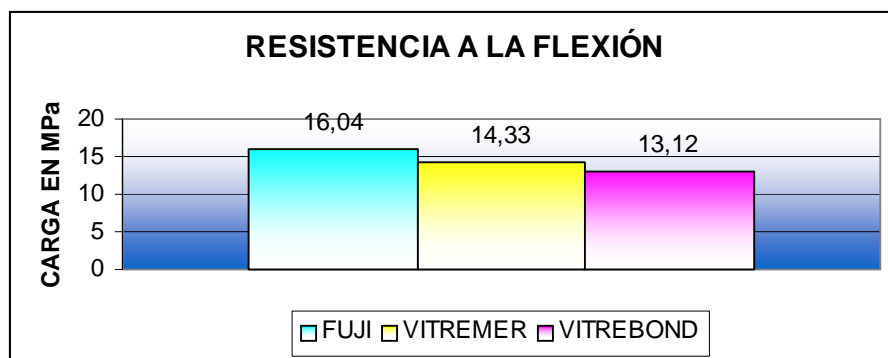
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN			
MUESTRA	FUJI II LC (GC)	VITREMER <sup>MR</sup> (3M ESPE)	VITREBOND <sup>TM</sup> (3M ESPE)
	(MPa)		
1	17.097	13.412	12.232
2	16.508	16.505	13.358
3	14.528	12.670	13.981
4	0.531	14.690	14.402
5	0.707	14.383	11.632
PROMEDIO	16.04	14.33	13.12

Fuente directa

TABLA 5

CONFORME A LA NORMA N° 27 (ADA) EL REQUERIMIENTO ES DE > 50 MPa
NINGÚN MATERIAL PASA LA PRUEBA

TABLA 5.1



GRÁFICA 4 Se muestran valores muy parecidos entre estos tres materiales aunque Vitrebond es el que está significativamente por debajo de los demás.

## 9.4 Resistencia a la compresión

Los resultados obtenidos de los materiales utilizados en este estudio se presentan en la tabla 6, 6.1 y gráfica 5.

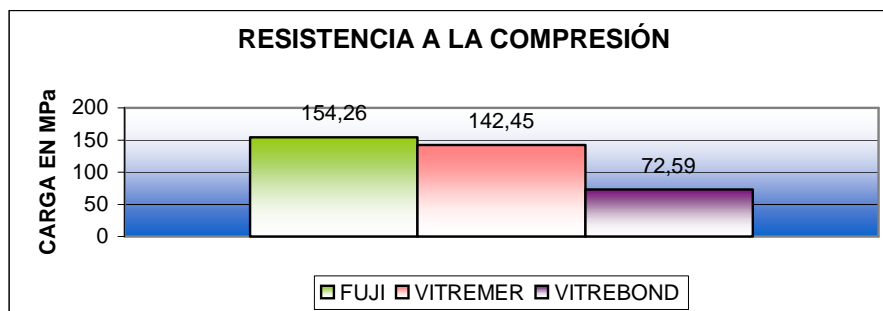
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			
MUESTRA	FUJI II LC (GC)	VITREMER <sup>MR</sup> (3M ESPE)	VITREBOND <sup>TM</sup> (3M ESPE)
	(MPa)		
1	120.401*	154.121	61.12*
2	179.787*	132.834	68.60
3	170.147	96.429*	72.97
4	145.632	151.658	77.34
5	155.337	177.229*	82.95
PROMEDIO	154.260	142.454	72.59

Fuente directa

TABLA 6

MATERIAL	CONFORME A LA NORMA N° 27 (ADA) EL REQUERIMIENTO ES < 15%
FUJI II LC (GC)	NO PASA LA PRUEBA
VITREMER <sup>MR</sup> (3M ESPE)	
VITREBOND <sup>TM</sup> (3M ESPE)	PASA LA PRUEBA

TABLA 6.1



GRÁFICA 5 Se muestra a Vitremer con valores inferiores a diferencia de Fuji y Vitremer que se presentaron muy parecidos y en un rango más alto.

## 10 DISCUSIÓN

### **Profundidad de curado**

Se obtuvieron valores muy semejantes entre FUJI II LC (GC) y VITREMER<sup>MR</sup> (3M ESPE) posiblemente porque son materiales para restauración a diferencia de VITREBOND<sup>TM</sup> (3M ESPE) con valores más bajos debido a que es un material para base cavitaria el cual se utiliza en capas muy delgadas, pero aun así obtuvo valores por encima de lo que pide la norma N° 27 de la ADA en la que nos basamos.

### **Sorción acuosa y solubilidad**

En este estudio con respecto a los tres materiales se pudo constatar que presentan gran afinidad en presencia de agua (comportamiento hidrofílico), resultando VITREMER<sup>MR</sup> (3M ESPE) y VITREBOND<sup>TM</sup> (3M ESPE) con valores altos y muy cercanos entre sí, a diferencia de FUJI II LC (GC) con valores más bajos, este comportamiento podría deberse al hecho de que la composición de estos materiales híbridos consiste en 70% de ionómero de vidrio y 30% de resina aproximadamente, es por ello que las casas comerciales recomiendan que se coloque un protector de superficie, (barniz o resina fluida) debido a que estos materiales son muy sensibles a la humedad recién colocados y después de cierto tiempo pierden el agua, comienzan a presentar grietas y sufren fracturas.

Con respecto a la solubilidad, en este estudio los resultados obtenidos para VITREMER<sup>MR</sup> (3M ESPE) y VITREBOND<sup>TM</sup> (3M ESPE) fueron un poco más altos de los que establece la norma, esto significa que por su solubilidad estos dos materiales presentarán a determinado tiempo relativamente mayor pérdida de contorno de su anatomía y degradación de las cualidades marginales a diferencia de FUJI II LC (GC) que entró por debajo del rango, por tanto este material fue el único que cumplió con el requisito que marca la norma N° 27 de la ADA. Por tanto si el Ionómero de vidrio convencional funciona de manera adecuada en periodos de 10 años o más estos materiales reforzados con resina tendrán que presentar un buen desempeño durante mayor tiempo.



### **Resistencia a la flexión**

En este estudio, en la prueba de resistencia a la flexión, todos los valores de materiales obtenidos estuvieron por debajo de lo que pide la norma N° 27 de la ADA.

Las cinco muestras de Vitremer obtuvieron valores homogéneos, lo mismo sucedió con las muestras de Vitrebond, sin embargo en la marca FUJI II LC (GC) solo tres de las cinco muestras presentaron valores cercanos entre sí y los otros dos valores fueron muy inferiores con respecto a los otros tres, por ello se tuvieron que descartar. Este problema pudo ser debido al manejo inadecuado de las muestras a la hora de lijarlas para eliminar las irregularidades y medirlas, procedimiento previo a la colocación de la muestra en el aparato de carga. Se tomó el promedio resultante de los tres valores homogéneos, ya que por cuestión de tiempo ya que no se pudo repetir la prueba.

### **Resistencia a la compresión**

En este estudio VITREBOND™ (3M ESPE) cumplió con los requisitos de la prueba, aunque FUJI II LC (GC) y VITREMER<sup>MR</sup> (3M ESPE) obtuvieron de cada uno dos valores que se salían del rango tomando estos dos materiales como un fracaso de la prueba, aunque en general presentaron valores muy cercanos a los requeridos por la norma N° 27.

También tomando en cuenta que nos basamos en una norma el cual se refiere a materiales de relleno basados en resina y nosotros utilizamos ionómeros reforzados con resina era posible que se fracasara en esta prueba de acuerdo a la hipótesis que nos planteamos y en lo que pide la norma.

Debido a que los materiales utilizados para realizar este estudio no presentan una norma propia internacional, no se les puede exigir en su totalidad que cumplan con la norma en la que nos basamos N° 27 de la ADA de materiales a base de relleno de resinas.

Se recomienda más adelante repetir la prueba para FUJI II LC (GC) ya que este material parece ofrecer buenos resultados clínicos.

## 11 CONCLUSIONES

Los materiales estudiados obtuvieron resultados muy parecidos a lo requerido por la norma en la que nos basamos en cuanto a profundidad de curado, resistencia a la compresión y solubilidad. En resistencia a la flexión ningún material pasó la prueba ya que sus valores estuvieron muy por debajo de lo que exige la norma, lo que nos indica que es más frágil.

- En la prueba de profundidad de curado la marca Fuji y Vitremer tuvieron un comportamiento muy semejantes, el valor más bajo lo presento VB.
- En sorción acuosa Fuji presento el valor más bajo Vitremer y Vitrebond obtuvieron valores semejantes.
- En la prueba de solubilidad Vitrebond presento la mayor solubilidad y Fuji mostró el valor más bajo
- En resistencia a la compresión Fuji y Vitremer presentaron altos valores a diferencia de Vitrebond cuyo valor fue 50% más bajo que los otros materiales.
- Resistencia a la flexión todos los materiales estuvieron resultados parecidos aunque Vitrebond fue el que presentó el menor valor.

Se debe pensar en establecer una norma propia internacional para los Ionómeros de Vidrio Modificados con Resina ya que estos son cada día tienen más demanda en la odontología.

## 12 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1.- Anusavice KJ. Ciencia de los materiales dentales de Phillips. 10<sup>a</sup>.ed. México: Editorial Interamericana, 1999. Pp. 566-567.
- 2.- Carrillo SC. Actualización sobre los cementos de ionómero de vidrio, 30 años (1969-1999). Revista ADM Vol. LVII, No. 2, Marzo-Abril 2000, Pp 65-71.
- 3.- [http://www. Scirus](http://www.Scirus). Odontología Sanmarquina 1998; 1 (1): 47-49.
- 4.- Mount G, Patel C, Makinson O.  
Resin Modified glass-ionomers: Strength, cure depth and translucency.  
Australian Dent J 2002; 47(4):339-343.
- 5.- Swift E, Pawlus M, et all.  
Depth of cure of resin-modified glass ionomers.  
Dent Mat. 1995; 11:196-200.
- 6.- Kanchanasita W, Gavin J.  
Water sorption characteristics of resin-modified glass-ionomer cements.  
Biomaterials Vol. 18 No. 4, 1997. pages. 343-349.
7. Yap A, Mudambi, Chew CL.  
Mechanical properties of an improved visible light-cured resin-modified glass ionomer cement.  
Operative Dentistry, 2001; 26: 295-301.
- 8.- American National Standard/ American Dental Association Specification No. 27. Resin-based filling materials
- 9.-Asociación Española de Normatización y Certificación. Odontología Materiales dentales. Madrid: AENOR, 1999. Materiales de obturación a base de resinas sintéticas. International Standard (E) ISO 4049:1988. Pp 117-136.