



Universidad Autónoma de Querétaro  
Facultad de Medicina  
Especialidad en Rehabilitación Bucal

**“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN  
IONÓMERO DE VIDRIO CONVENCIONAL Y UNO MODIFICADO CON RESINA”**

**Tesis**

Que como parte de los requisitos para obtener el Diploma de la especialidad en  
Rehabilitación Bucal

**Presenta:**

Cirujano Dentista Polet González Cruz

**Dirigido por:**

Dra. en C. María del Socorro Maribel Liñán Fernández

**Co-dirigido por:**

Presidente	Dra. en C. María del Socorro Maribel Liñán Fernández
Secretario	Dra. Rosa María Sánchez Ayala
Vocal	L.O. E.R.B Abel Tavares de la Cruz
Suplente	D. en E. Santiago Andaracua García
Suplente	C.D.E.I.B.M.F. Daniel Alejandro Montalván Aguilar

Centro Universitario, Querétaro, Qro.  
Agosto 2022  
México



Dirección General de Bibliotecas y Servicios Digitales  
de Información



“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA  
COMPRESIÓN DE UN IONÓMERO DE VIDRIO  
CONVENCIONAL Y UNO MODIFICADO CON RESINA”

**por**

Polet González Cruz

se distribuye bajo una [Licencia Creative Commons  
Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0  
Internacional](#).

**Clave RI:** MEESN-275393

## Resumen

**Introducción:** El éxito de una restauración con ionómero de vidrio se basa en un material restaurador que contenga las mejores propiedades, tanto su biocompatibilidad con el diente a restaurar como su dureza, existen gran cantidad de estos materiales con modificaciones en su estructura química para brindar una mayor resistencia al desgaste, sin perder sus principales beneficios que son su liberación de flúor y la adhesión a la estructura dental, para el odontólogo el material para realizar restauraciones idealmente tendrá que ser el que cumpla con las principales propiedades según sea cada caso.

**Objetivo:** Determinar la resistencia a la compresión diametral entre un ionómero de vidrio convencional EQUIA Forte® Fil y uno modificado con resina Vitremer™.

**Material y métodos:** Estudio comparativo, experimental “*in vitro*”. Se elaboraron 120 muestras de ionómero de vidrio divididas en 2 grupos de 60, que a su vez de dividieron en 3 grupos de 20 muestras cada uno. Se comparo la resistencia a la compresión diametral mediante un análisis de varianza (ANOVA)

**Resultados:** El ionómero de vidrio que mostró mayor resistencia a la compresión diametral fue Vitremer™, su resistencia fue casi el doble a comparación con EQUIA Forte® Fil, ambos mostraron mayor resistencia a la compresión diametral las primeras 24 horas, EQUIA Forte® Fil (397.99+-47.28) y Vitremer™ (611.46 +-75.29), Vitremer™ alcanzo a los 15 días un valor de (558.08+- 61.80) no hubo diferencia significativa entre los ionomeros a los 7 y 15 días.

**Conclusiones:** Todos estos estudios muestran que los ionomeros de vidrio pueden variar su resistencia a la compresión diametral por muchos y muy diversos factores, por eso la importancia de tener el conocimiento adecuado de cual seria el ionómero de vidrio a elegir dependiendo del caso de cada paciente.

**Palabras Clave:** Ionómero de vidrio, compresión diametral, resina, EQUIA Forte® Fil, Vitremer™.

## Summary

**Introduction:** The success of a glass ionomer restoration is based on a restorative material that contains the best properties, both its biocompatibility with the tooth to be restored and its hardness, there are a large number of these materials with modifications in their chemical structure to provide a greater resistance to wear, without losing its main benefits, which are its liberation of fluoride and adhesion to the dental structure, for the dentist, the material to perform restorations will ideally have to be the one that complies with the main properties according to each case.

**Objective:** Determine the diametric compressive strength between a conventional EQUIA Forte® Fil glass ionomer and one modified with Vitremer™ resin.

**Material and methods:** Comparative, experimental "in vitro" study. 120 glass ionomer samples were made, divided into 2 groups of 60, which in turn were divided into 3 groups of 20 samples each. Diametric compressive strength was compared by analysis of variance (ANOVA)

**Results:** The glass ionomer that showed the highest resistance to diametral compression was Vitremer™, its resistance was almost double compared to EQUIA Forte® Fil, both showed higher resistance to diametral compression in the first 24 hours, EQUIA Forte® Fil (397.99+ -47.28) and Vitremer™ (611.46 +- 75.29), Vitremer™ reached a value of (558.08+- 61.80) at 15 days; there was no significant difference between the ionomers at 7 and 15 days.

**Conclusions:** All these studies show that glass ionomers can vary their diametric compressive strength by many and very diverse factors, hence the importance of having adequate knowledge of which glass ionomer to choose depending on the case of each patient.

**Keywords:** Glass ionomer, diametric compressive, resin, EQUIA Forte® Fil, Vitremer™.

### **Dedicatorias.**

Doy gracias a Dios por permitirme concluir mis metas

A mis padres por todo el apoyo incondicional, mis hermanas que sin ellas no hubiera sido posible.

Mi prometido que su apoyo fue fundamental en esta etapa de mi vida.

## **Agradecimientos**

A la Universidad Autónoma de Querétaro por formar parte de ustedes.

A mi asesora de tesis la Dra. María Del Socorro Maribel Liñán Fernández por todo su apoyo y atenciones.

A mi coordinador de posgrado el Dr. Antonio Guerrero por compartir su experiencia y conocimiento.

Al Dr. Rubén Domínguez por su entrega, dedicación, paciencia y apoyo.

## ÍNDICE

Contenido	Página
<b>Resumen</b>	I
<b>Summary</b>	II
<b>Dedicatorias</b>	III
<b>Agradecimientos</b>	IV
<b>Índice</b>	V
<b>I. Introducción</b>	1
<b>II. Antecedentes</b>	4
<b>III. Fundamentación teórica</b>	7
III.1 Estructura del ionómero de vidrio	8
III.2 Liberación de flúor de los ionomeros de vidrio	9
III.3 Propiedades de los ionomeros de vidrio	10
III.4 Composición de los ionomeros de vidrio	10
III.5 Clasificación de los ionómeros de vidrio	11
<b>IV. Hipótesis o supuestos</b>	14
<b>V. Objetivos</b>	14
V.1 General	14
V.2 Específicos	14
<b>VI. Material y métodos</b>	15
VI.1 Tipo de investigación	15
VI.2 Población o unidad de análisis	15
VI.3 Muestra y tipo de muestra	15

VI.4 Criterios de selección	15
VI.5 Criterios de exclusión	15
VI.6 Criterios de eliminación	15
VI.7 Variables estudiadas	15
VI.8 Técnicas e instrumentos	17
VI.9 Procedimiento	18
VI.10 Análisis estadístico	23
<b>VII. Resultados</b>	<b>24</b>
<b>VIII. Discusión</b>	<b>29</b>
<b>IX. Conclusiones</b>	<b>31</b>
<b>X. Bibliografía</b>	<b>32</b>

## INDICE DE GRAFICOS Y TABLAS

Grafico 1. División de las muestras de ionómero de vidrio	24
Tabla 1. Resistencia a la compresión diametral del Ionómero de Vidrio Equia forte ® Fil	25
Tabla 2. Resistencia a la compresión diametral del Ionómero de Vidrio Vitremer™.	26
Grafico 2. Resistencia a la compresión diametral	27
Tabla 3. Comparación de la resistencia a la compresión diametral de dos ionomeros de vidrio uno convencional y uno modificado con resina.	28

## I. INTRODUCCIÓN

Los ionómeros de vidrio son materiales restauradores usados extensamente en el sector odontológico, cuentan con enormes características como la biocompatibilidad y su liberación de flúor que a su vez son sus principales ventajas.

Los ionómeros de vidrio se introdujeron por primera vez en la odontología a principios de la década de 1970 por Wilson y Kent, por su unión química tanto al esmalte como a la dentina y la liberación de iones de fluoruro hicieron de este material restaurador se utilizara ampliamente. (Mc Lean 1994)

Actualmente existe una gran variedad de materiales restauradores con diferentes indicaciones clínicas, los ionómeros de vidrio principalmente usados en pacientes con alto riesgo de caries, cuentan con una gran desventaja su resistencia al desgaste es por eso que los fabricantes han ido modificando su composición química para darles a estos materiales tengan una gran resistencia y puedan ser utilizados como material restaurador definitivo por lo que nos encontramos dentro de su clasificación con ionómeros de vidrio convencionales y modificados con resina, los primeros se caracterizan por su alta densidad y gran cantidad de fluoruros que liberan, llamados también remineralizantes y los modificados con resina son ionómeros que el fabricante ha añadido grupos acrílicos para mejorar su resistencia al desgaste, estos su fraguado puede ser autopolimerizable o fotopolimerizable. (Souza 2018)

Las restauraciones de lesiones cariosas es una práctica que el odontólogo enfrenta muy constantemente, teniendo el conocimiento de la composición de los biomateriales que emplea y sobre del sustrato en donde se trabaja podrá resolver de una mejor manera la elección al tipo de ionómero de vidrio a utilizar.

En este estudio se realizó la comparación de la resistencia a la compresión diametral de dos tipos de ionómero de vidrio uno convencional y otro modificado con resina, se buscaron las marcas más usadas en México, y sobre todo por los odontólogos, para poder brindar mayor conocimiento, respecto a las ventajas con las que cuenta cada uno de estos materiales y así puedan tomar una mejor decisión al momento del tratamiento.

Para este estudio los ionómeros de vidrio que se utilizaron dentro de la clasificación de los ionómeros de vidrio modificado con resina fue Vitremer™ y de los ionómeros de vidrio convencionales Equia Forte® Fil.

Sabemos que los ionómeros de vidrio modificados con resina, su resistencia a la compresión diametral es mayor que los ionómeros de vidrio convencionales pero estos últimos se subdividen en dos grupos, ionómeros remineralizantes y ionómeros de alta densidad que son ionómeros que han mejorado sus propiedades mecánicas, se les han incluido poliácidos deshidratados activados por agua, partículas de vidrio más pequeñas además de las mejoras en sus reacciones químicas para lograr mayor resistencia mecánica.

Este estudio se hizo para comparar dos tipos de ionómero de vidrio, que tan resistente sigue siendo un ionómero de vidrio modificado con resina en comparación con los ionómeros de vidrio de alta densidad, a los ionómeros de vidrio convencionales de alta densidad se le han mejorado sus propiedades mecánicas, a estos se les han incluido vidrios que han sido mejorados, donde el Calcio (Ca) ha sido reemplazado por Estroncio (Sr) e incluso, Zirconio (Zr), logrando propiedades físicas superiores al optimizar la distribución del tamaño de sus partículas, por tal motivo se hizo este estudio para saber cual de ellos tiene mayor resistencia a la compresión diametral ya que son materiales usados ampliamente en la odontología. (Mariela Caso 2021)

## **JUSTIFICACIÓN**

Es importante tener el conocimiento de la resistencia a la compresión diametral de los dos tipos de ionómeros de vidrio, el convencional y modificado con resina esto para que nuestras restauraciones tengan mayor durabilidad y éxito, por eso es importante que el operador tenga el conocimiento adecuado para tomar la mejor elección del tipo de ionómero a restaurar.

Esto debido a que al ionómero de vidrio convencional, Equia Forte® Fil se le han agregado propiedades químicas para poder igualar su dureza respecto a un ionómero de vidrio modificado con resina.

## II. ANTECEDENTES

De Gee (1996 ) estudiaron la resistencia al desgaste de los ionomeros de vidrio y observaron altas tasas de desgaste temprano con todos los ionomeros de vidrio, incluidos los modificados con resina. Las tasas de desgaste disminuyeron con el tiempo y una reducción en el desgaste fue aún evidente incluso entre 4 meses y 1 año.

Drummond (1988) La reacción del ionómero continúa durante al menos 24 horas y probablemente mucho más, Drummond y col. Hicieron un estudio sobre las fuerzas de compresión entre dos ionomeros de vidrio y concluyeron que no se observaron diferencias significativas en las fuerzas entre Fuji IX y Vitro Molar en periodos de 24 horas y 7 días.

Wang (2003) Estudiaron la resistencia a la compresión entre una resina, una amalgama y un ionómero de vidrio. En este estudio, la media de la resistencia a la compresión y resistencia a la tracción diametral a las 24 horas de los ionomeros de vidrio probados, fue aún menor que la de la amalgama y resina compuesta, entre 83.39 -147.93MPa y 6.58-11.96MPa, respectivamente.

Después Anusavice (2013) en su estudio, el cemento de ionómero de vidrio modificado con resina presentó mayores valores de resistencia que el material convencional, independientemente de las dimensiones de la matriz empleadas para la fabricación de la muestra. Posiblemente, esto se debe a la inclusión de polímeros resinosos que presentan tienen una mayor resistencia mecánica.

McCabe (1990) evaluaron la estandarización de pruebas mecánicas para cementos de ionómero de vidrio y notificaron dificultad para realizar pruebas de resistencia a la compresión diametral de estos materiales. Concluyeron que la estandarización es difícil de lograr debido a la gran variabilidad en los resultados. La variación de los resultados puede atribuirse a la dificultad para manipular grandes cantidades de material y a las dimensiones de las muestras.

Según Giannini (1997) Definen que las muestras de cementos de ionómero de vidrio tanto convencionales como de resina modificada con dimensiones más pequeñas presentaron valores de resistencia a la compresión de aproximadamente el 85% de los especímenes con mayores dimensiones. Por lo tanto, se pueden usar ambas dimensiones, 12 mm x 6 mm 6 mm x 4 mm, para comparar la resistencia a la compresión de estos materiales.

Yap (2001) Los cementos de ionómero de vidrio son muy sensibles a la técnica y a la metodología, e incluso están sujetos a fallas durante la manipulación, un aspecto muy importante cuando se prueban materiales que requieren mezcla manual. Por estas razones, Yap y col. sugieren el uso de dimensiones de muestra más pequeñas (6 mm x 4 mm) para investigar las propiedades mecánicas de los cementos de ionómero de vidrio, de acuerdo con las especificaciones ISO 7489: 19868. El objetivo es reducir la variabilidad que puede producirse cuando se manipulan grandes cantidades de material.

Espinosa (1985) Considera la teoría de que mientras mayor sea la diferencia del coeficiente de expansión térmica entre el material restaurador y el diente, mayor será la filtración marginal durante los cambios de temperatura.

Croll (1992) También observó que los ionómeros de vidrio tienen un coeficiente de expansión térmica similar a la del diente y que por lo tanto, esta puede ser una de las razones que justifique la ausencia de microfiltración marginal en las restauraciones de ionómero de vidrio.

Phillips (1987) Realizo un estudio donde concluyo que el ionómero de vidrio es el que ha demostrado mantener mayormente su integridad a 6 y a 12 meses, comparado con el silicofostato, el policarboxilato y el fosfato de zinc.

Maryam Moshaverinia y col. (2019) realizaron un estudio in vitro donde evaluaron y compararon la compresión, las resistencias a la tracción diametral y a la flexión de EQUIA Forte Fil con Fuji IX GP y ChemFil Rock, Los cementos de ionómero de vidrio EQUIA Forte Fil exhibieron una resistencia a la flexión

significativamente mayor, resistencia y dureza superficial que las muestras Fuji IX GIC.

Sara Blanco (2017) Evaluaron la resistencia a la compresión en restauraciones de ionómero de vidrio y de resina compuesta en cavidades clase I en premolares , las resina fue Tetric N-Ceram y el ionomero de vidrio Vitremer™. Hicieron cavidades clase I de Black con profundidades de 2 y 4mm en premolares humanos, y midieron la resistencia a la compresion, los resultados obtenidos mostraron que la resina fue significativame te superior al ionomero de vidrio.

Rosalyn Mariela (2021) Realizaron una revisión de la literatura científica desde enero 2010 hasta diciembre 2019 acerca de los ionómeros de vidrio de alta densidad. El objetivo fue dar a conocer las propiedades y la aplicación clínica de los diferentes ionómeros de vidrio de alta densidad disponibles en Lima-Perú. Dentro de las marcas de ionómeros de alta densidad disponibles en Lima-Perú se encuentran: Ionofil® Plus (VOCO), Ketac™ Molar Easymix (3M ESPE), Fuji IX GP (GC corporation) y EQUIA Forte™® GC (Europe GC).

Encontraron que el ionomero de vidrio EQUIA Forte presenta mejor adaptación marginal, resistencia a flexión, compresión, dureza superficial y resistencia a la tracción que los otros ionómeros estudiados. El sistema EQUIA Forte y el ionómero Fuji IX GP funcionan bien en restauraciones Clase I y II sin contactos oclusales, pero EQUIA Forte se puede usar en Clase II pequeñas con contactos oclusales. También, podría ser usado en cavidades grandes MOD siguiendo las recomendaciones del fabricante.

### III. FUNDAMENTACION TEORICA

Los ionómeros vítreos fueron creados por Wilson y Kent en el laboratorio de química del gobierno inglés como resultado de numerosos estudios e intentos por mejorar el cemento de silicato. Patentados en 1969, los primeros resultados de las investigaciones fueron publicados en 1972 en el British Dental Journal con el título de "Un nuevo cemento translúcido" (Wilson y Kent, 1972). El primer ionómero vítreo fue comercializado en Europa hacia 1975 (Caulk-DeTrey). A principios de 1977 fue introducido en Estados Unidos y en los países latinoamericanos hacia finales de la década de 1970.

Estos materiales comenzaron para reemplazar los silicatos dentales ya que estos no contaban adhesión a la estructura dental, eran susceptibles a la erosión acida, y había un aumento en la sensibilidad de la dentina (Wilson & Batchelor, 1967).

Wilson y Batchelor descubrieron que la matriz del silicato que esta compuesta de fosfatos de aluminio y calcio podía reemplazar el acido fosfórico que este era muy agresivo para la pulpa, fue como Wilson y sus col. hicieron una mezcla de ácidos pirúvico, tartárico, tánico, fluorobórico, glicerofosfórico y tetrafosfórico asi mejoraron las propiedades de este material pero tenia la desventaja de fraguado lento y estabilidad hidrofóbica casi nula lo que impidió su uso (Wilson & Batchelor, 1967).

Los primeros cementos descubiertos por Wiliam y kent estaban compuestos a partir de formulaciones de vidrio de reacción alúmina/ sílice pero estas también tenían características pobres de trabajo y fraguado, no fue hasta que la composición de vidrio rica en fluoruro y calcio se formo un cemento dental utilizable (Wilson, 1996).

Los investigadores fueron modificando estos componentes cada vez mas, así fue como McLean fue el principal introductor de este material, que fue presentado en el mercado con las siglas ASPA (aluminio silicato poliacrílico).

## **1. Estructura del ionómero de vidrio**

El polvo del cemento de silicato es una cerámica preparada por la fusión de sílica ( $\text{SiO}_2$ ) y alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) de un fundente de fluoruros con varios componentes de calcio (McLean, 1972).

Se descubrió que la adición de fundentes de fluoruro resulta en la fusión de un vidrio de aluminosilicato estético con una superior translucidez (Ewoldsen, 1999).

Los aluminosilicatos contienen vidrios que son alcalinos y cuando la parte superficial son expuestas a ácidos liberan iones de flúor, aluminio y calcio.

Los cementos de silicato, el ácido fosfórico hace que los iones de calcio y aluminio reaccionen creando una matriz de un gel de aluminio-calcio-fosfato las cuales envuelve a partículas de vidrio reactivas. Esta matriz incluye sales solubles de flúor las cuales no intervienen estructuralmente al cemento y son liberadas de la matriz sin que el cemento sea dañado. Se ha descubierto que la liberación de flúor reacciona con el esmalte dental así como también inhibe el metabolismo de los carbohidratos asociados a la placa (Volker et al., 1944).

Los ionómeros de vidrio son ligaciones cruzadas de polisales de aluminio y calcio, polyalquenoatos. Por otra parte, el contenido de calcio presente en la estructura dental químicamente se une al ácido polialquenoico dando como resultado la adhesión del ionómero de vidrio al esmalte y a la dentina. Los ionómeros de vidrio tienen un parecido a los cementos de silicato con respecto a su liberación de fluoruro a largo plazo y en sus características inhibitoras de caries (Vokus et al., 1998).

Por lo que hoy en día se sabe que 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, etc (Atkinson & Pearson, 1985).

Los ionómeros de vidrio, han sido ampliamente utilizados en odontología debido a su biocompatibilidad y propiedades cariostáticas. (Bala et al., 2012). Muchos estudios previos han demostrado que los ionómeros de vidrio pueden reducir la desmineralización de los tejidos adyacentes de los dientes duros mediante la liberación de flúor. Sin embargo, aunque la caries secundaria es el resultado de

biopelículas cariogénicas, se han realizado pocas investigaciones sobre la actividad de biofilm anticariogénica de los ionómeros de vidrio, especialmente en lo que se refiere a la liberación de fluoruro (Forss et al., 1991)

## **2. Liberación de flúor de los ionómeros de vidrio**

Se ha informado bien que la liberación de flúor de estos materiales ocurre en un patrón bifásico, con una fase inicial rápida y una segunda fase de liberación lenta. El ionómero de vidrio libera la mayor cantidad de flúor durante el primer día y luego muestra una disminución continua (Yiu et al., 2004). Esto sugiere que, si la actividad del biofilm anticariogénico del ionómero de vidrio se determina por la liberación de fluoruro, es posible que el ionómero no mantenga su actividad a lo largo del tiempo. Sin embargo, no está claro si el ionómero de vidrio puede mantener actividad de biofilm anticariogénica durante la segunda fase de liberación lenta y si la actividad de biopelícula anticariogénica está relacionada con la tasa de liberación de fluoruro de los materiales durante la segunda fase de liberación lenta (Meerbeek et al., 1998).

El ionómero de vidrio es uno de los materiales más utilizados en el área de rehabilitación oral, y actualmente es el material de elección como base intermedia debido a su adhesión a la estructura dentaria y a su efecto anticariogénico, además de su comportamiento mecánico. Su elevado módulo elástico y su coeficiente de expansión térmica son similares a los de la dentina, lo que le da una rigidez similar a ella. Por la liberación de fluoruros, se consideran como uno de los materiales más completos de uso restaurador; también catalogados como “materiales inteligentes” por su capacidad de prevenir la caries secundaria relacionada a un bajo pH (Peutzfeldt & Asmussen, 1990). Estas condiciones serán propicias si se realiza una correcta manipulación del material y un pulido adecuado, debido a que se incrementará la liberación del fluoruro durante un periodo de 12-18 semanas, localizándose en la estructura dentaria. Tanto el esmalte como el cemento pueden absorber cantidades sustanciales de flúor, gracias al íntimo contacto molecular que facilita el intercambio de fluoruros.

### 3. Propiedades de los ionómeros de vidrio

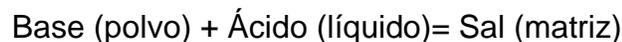
Entre las propiedades del ionómero de vidrio se encuentran:

1. Biológicas: el intercambio iónico con la estructura dentaria, que se obtiene a partir del ácido polialquenoico y la liberación de fluoruro para mejorar la remineralización.
2. Químicas: su capacidad de adhesividad al cemento, la dentina y el esmalte, así como a elementos metálicos. No provoca reacciones pulpares significativas y posee baja acidez y solubilidad a los fluidos bucales.
3. Mecánicas: resistencia a la compresión y a la tensión, además de su resistencia al desgaste y a la erosión. Al ser grabados se producen en su superficie micro-retenciones similares a las que se producen en el esmalte (Koo et al., 2010).

### 4. Composición de los ionómeros de vidrio

La preparación del ionómero de vidrio se efectúa por la mezcla de un polvo y de un líquido. La preparación del polvo se realiza fundiendo una mezcla de sílice ( $\text{SiO}_2$ ) y alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) con un fundente basado en fluoruros, que normalmente es fluorita ( $\text{CaF}_2$ ) y criolita ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ). Esta fusión se hace a temperatura elevada (entre  $1.200^\circ\text{C}$  a  $1.300^\circ\text{C}$ ). Después de efectuada la mezcla, ésta se enfría rápidamente. Posteriormente se tritura el material y se convierte en un polvo fino, de partículas del tamaño de  $45\ \mu\text{m}$  aproximadamente (Pandit et al., 2013).

La composición de los cementos de ionómero de vidrio puede resumirse como sigue:



Polvo: es un silicato complejo de aluminio y de calcio. Contiene además fluoruro de calcio. La composición del polvo es la siguiente:

$\text{SiO}_2$  ----- 29%

$\text{Al}_2\text{O}_3$  -----17%

$\text{CaF}_2$  -----34%

$\text{Na}_3\text{AlF}_6$  -----5%

$\text{AlF}_3$  -----5%

$\text{AlPO}_4$  -----10%

## 5. Clasificación de los ionómeros de vidrio

Basándose en las indicaciones clínicas de acuerdo con Mount (1990), los ionómeros de vidrio se dividen en:

Tipo I para cementado o fijación de restauraciones indirectas

Tipo II para restauraciones directas (II.1 estéticas y II.2 reforzadas)

Tipo III para base cavitaria o recubrimiento.

De acuerdo a su composición:

- **Cementos de ionómero de vidrio convencionales:** están constituidos por un polvo, que es un cristal, fluoraluminosilicato; y por un líquido, que es el ácido, poliacrílico. Endurecen solo por una reacción ácido base, el fraguado es sólo químico, no se activan con luz y siempre se utilizan previa mezcla de sus componentes.

- **Cementos de ionómero de vidrio modificados con resinas:** el polvo es el mismo, pero el líquido está constituido por ácido policarboxílico con grupos acrílicos unidos a él, la reacción de fraguado ácido base se complementa con una de fotopolimerización (Hewlett et al., 1991).

De acuerdo a su indicaciones clínicas:

**Tipo I:** Cementos de fijación o selladores

Son los cementos de ionómero de vidrio usados para la cementación de coronas, puentes, incrustaciones, etc. Son cementos de baja viscosidad, fraguado rápido, técnica de dosificación y mezcla sencilla (relación polvo/ líquido aproximadamente

de 1.5:1), espesor final de película de 2.5  $\mu\text{m}$  o menos y son radioopacos (Poitevin et al., 2008).

**Tipo II: Materiales restaurativos**

a. Estética restauradora

Son materiales usados para aplicaciones que requieran una restauración estética pero no deben recibir una carga oclusal excesiva. Se usan sobre todo en clases V y erosiones cervicales.

b. Restaurador reforzado

Son cementos que incorporan partículas de metal, generalmente plata (también en ocasiones se ha probado la incorporación de oro), para aumentar su resistencia, lo que les proporciona mayor resistencia a la compresión y a la tensión, como, por ejemplo. Se ha recomendado su uso en los siguientes casos: como sustituto de dentina debajo de restauraciones de amalgama, en clases I, en pequeñas clases II, en cavidades en que se usa la técnica de tunelización, en la reconstrucción de muñones debajo coronas, en dientes temporales y en sellados de fisuras (Inoue et al., 2004).

**Tipo III: Cementos protectores (ionómeros de resina)**

Se usan como bases o fondos de cavidades. Son fotopolimerizables, la fotopolimerización se consigue añadiendo radicales metacrilato (HEMA) a la estructura del ionómero y un fotoactivador, por ello se han llamado ionómeros de resina. Sus principales ventajas son rapidez de fraguado (comparable a las resinas), unión a dentina, desprendimiento de flúor, unión a adhesivos dentinarios y a resinas (gracias a los radicales libres del metacrilato) (Mitra, 1991).

Uno de los ionomeros de vidrio que tenemos en el mercado de tipo convencional es el EQUIA Forte® Fil . Las principales indicaciones de la técnica EQUIA son para restaurar cavidades clase V, I y II sin compromisos de oclusión, reemplazar obturaciones de resina y amalgama, también para reconstrucción de dientes muy destruidos, en pacientes geriátricos, infantiles, así como personas de alto riesgo de caries y con capacidades especiales. EQUIA Forte® Fil proporciona las siguientes ventajas: Estética, autoadhesivo, no contracción, condensable, no pegajosa, provee

fuerza, sellado marginal, no se usa la técnica de incrementos, es auto curable y se protege por 30 segundos, resistente a la micro filtración y decoloración, alto desprendimiento de flúor. (Mjor & Gordan, 2002).

El cemento de ionómero de vidrio modificado con resina de triple curado Vitremer de la casa dental 3M, mediante su alta tecnología combina por primera vez tres mecanismos de polimerización distintas en un avanzado material de ionómero de vidrio. Estas reacciones son:

La reacción ácido - básica lenta y duradera de todos los ionómeros de vidrio, la cual le otorga a los verdaderos ionómeros sus características principales tales como una liberación sostenida de flúor en el tiempo y la adhesión características de ellos.

La polimeración por luz de los grupos activos poliméricos; otorga al Vitremer™, un tiempo de trabajo amplio y propiedades físicas óptimas en segundos.

La polimerización de grupos poliméricos activos por un sistema de autopolimerización patentado. Este mecanismo relativamente rápido, comienza cuando el ionómero de vidrio es mezclado, sin afectar adversamente el tiempo de trabajo (3 minutos). La acción mecánica del mezclado y el agua del líquido activa el sistema catalizador, dando al material las propiedades físicas de fotopolimerización incluso en áreas donde no llega la luz. Esta nueva tecnología ha creado un verdadero material de ionómero de vidrio con una resistencia a la fractura mayor que la de todos los ionómeros de vidrio. Por lo tanto se puede decir que Vitremer™, constituye un excelente material restaurador, estético con características mejoradas incluso cuando se polimeriza en masa (Feng et al., 2005).

## **IV. Hipótesis**

### Hipótesis de trabajo

El ionómeros de vidrio modificado con resina Vitremer™ presenta mayor resistencia a la compresión diametral que el ionómero de vidrio convencional Equia Forte ® Fil.

### Hipótesis nula

El ionómeros de vidrio modificado con resina Vitremer™ presentan menor resistencia a la compresión diametral que el ionómero de vidrio convencional Equia Forte ® Fil

## **V. Objetivos**

### **V.1 Objetivo General**

Determinar la resistencia a la compresión de un ionómero de vidrio convencional y uno modificado con resina.

### **V.2 Objetivos Específicos**

Evaluar la resistencia a la compresión diametral del ionómero de vidrio convencional

Evaluar la resistencia a la compresión diametral del ionómero de vidrio modificado con resina

Comparar la resistencia a la compresión diametral del ionómero de vidrio convencional y el ionómero de vidrio modificado con resina

## **V.I MATERIAL Y METODOS**

### **VI.1 Tipo de investigación**

Experimental “*in vitro*”

### **VI.2 Unidad de análisis**

Bloques de ionómero de vidrio convencional EQUIA Forte® Fil de GC y ionómero de vidrio modificado con resina Vitremer™ de 3M.

### **VI.3 Muestra**

120 bloques de ionómero de vidrio divididas en 2 grupos 60 para el ionómero de vidrio EQUIA Forte® Fil y 60 de Vitremer™ de 3M, que a su vez se dividieron en 3 grupos de 20 muestras cada uno.

### **VI.4 Criterios de inclusión**

Fueron incluidas las muestras de ionómero de vidrio que cumplan con las medidas según la norma ADA (American Dental Association) Specification no. 96/1994.

### **VI.5 Criterios de exclusión**

Bloques que al momento del fraguado queden espacios de aire dentro de ellos.

### **VI.6 Criterios de eliminación**

Bloques de Ionómero de vidrio que por algún motivo durante la realización de las pruebas no se puedan evaluar las variables de interés o que se fracturen

### **VI.7 Variables estudiadas**

Variable dependiente -Resistencia a la compresión diametral

Variable independiente – Ionómero de vidrio Equia forte ® Fil y ionómero de vidrio Vitremer™.

<b>Variable</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Tipo de variable</b>	<b>Escala de medición</b>	<b>Unidad de medida</b>
Resistencia a la compresión diametral	Esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento.	Se va a realizar midiendo los especímenes en la maquina de pruebas universales	Cuantitativa	Continua	MPa

<b>Variable</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Tipo de variable</b>	<b>Escala de medición</b>	<b>Unidad de medida</b>
IONOMERO DE VIDRIO convencional ( Equia forte ® Fil)	Es un cemento dental, usado para reconstrucciones , cementaciones o base cavitaria el nombre genérico de un grupo de materiales que surge tras la reacción de polvo de vidrio de silicato y ácido polialquenoico.	Se va a realizar midiendo los especímenes en la maquina de pruebas universales	Cualitativa	Nominal	MPa

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo de variable	Escala de medición	Unidad de medida
IONOMERO DE VIDRIO modificado con resina (Vitemer <sup>TM</sup> )	Son vidrios ionoméricos en un 80% con un 20% de resina fotocurada. Ellos endurecen mediante una reacción ácido-básica entre el ión filtrable del polvo del vidrio y el ácido poliacrílico, resultando en una transformación sol-gel	Se va a realizar midiendo los especímenes en la maquina de pruebas universales	Cualitativa	Nominal	MPa

### VI.8 Técnicas e instrumentos

Se elaboraron 120 muestras de ionómero de vidrio, los bloques con una medida de 6mm de diámetro por 3 mm de alto según la norma ADA (American Dental Association) Specification no. 96/1994. Estas muestras fueron divididas en dos grupos de 60 cada uno que a su vez se dividieron en 3 grupos de 20 bloques cada uno.

## VI.9 Procedimiento

De acuerdo la norma ADA (American Dental Association) Specification no. 96/1994. Se elaboraron las muestras con una medida de 6mm de diámetro y 3 mm de alto siguiendo el siguiente procedimiento.

1. Para las muestras con ionómero de vidrio Vitremer™ se colocó sobre una loseta de papel en una balanza 0.2852 gr del polvo de ionómero de vidrio.
2. En esa misma loseta de papel sobre la balanza en ceros y se colocó el polvo con un peso de 0.1252 estas medidas fueron un promedio de lo que el fabricante indica en su cuchara medidora y una gota de líquido.



Figura 1. Polvo y líquido de ionómero de vidrio Vitremer™ en balanza

3. Posterior a esto se mezcló de manera envolvente como lo indica el fabricante y con una espátula de plástico.
4. Se llevaron a un molde de acero inoxidable colocando todo el ionómero mezclado, y con ayuda de una loseta de vidrio se realizó una presión

sobre la superficie del molde y se fotopolimerizo, esto por 20seg con una lámpara de fotocurado Valo.



*Figura 2. Polimerización del ionómero de vidrio con lámpara de fotocurado Valo*

5. Una vez fuera del molde se colocaron en agua bidestilada, terminadas todas las muestras con ayuda de una lija de agua se pulieron para eliminar excesos y tener las medidas exactas de cómo lo indica la norma ADA (American Dental Association) Specification no. 96/1994 de 6 mm de diámetro por 3 mm le alto.



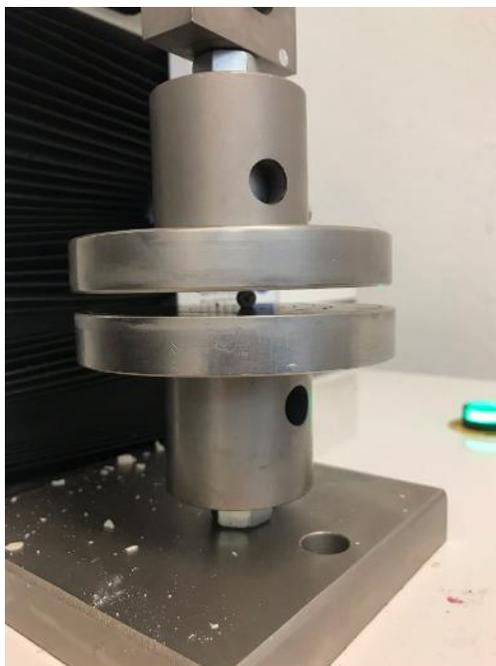
*Figura 3 y 4. Medidas de las muestras*

6. Ya pulidas las muestras se colocaron en tubos de ensayo de plástico con agua bidestilada y se almacenaron a una temperatura de 37 grados centígrados, 24 horas, 7 y 15 días.
7. Una vez cumplido el tiempo respectivamente de cada uno se colocaron en la máquina de micro dureza en donde se hicieron 3 mediciones en cada una de las muestras.



*Figura 5. Muestras en maquina de micro dureza*

8. Ya analizada en la maquina de micro dureza se colocaron los resultados en una tabla de Excel y se identifico cada muestra, enumeradas del 1 al 20.
9. Ya identificadas cada una de las muestras se llevaron a la maquina universal de pruebas para medir su resistencia a la compresión diametral. Se aplicó una carga de compresión a una velocidad de 0,5 mm / min hasta que se fracturaron.



*Figura 6. Muestras en maquina de pruebas universales*

10. Posterior a esto de recolectaron los resultados en una tabla de Excel, para realizar el análisis estadístico para los valores paramétricos para lo que se uso ANOVA.
11. En el caso del ionómero de vidrio Equia forte ® Fil se coloco cada capsula en un amalgamador por 30 segundos



*Figura 7. Capsula Equia forte ® Fil en amalgamador*

12. Se retiraron del amalgamador y se colocaron en el molde de acero inoxidable con ayuda de la pistola dispensadora de Equia forte® Fil, y se espero hasta que el material llegara a su fraguado, posterior a esto repitió el proceso del punto 5 en adelante.



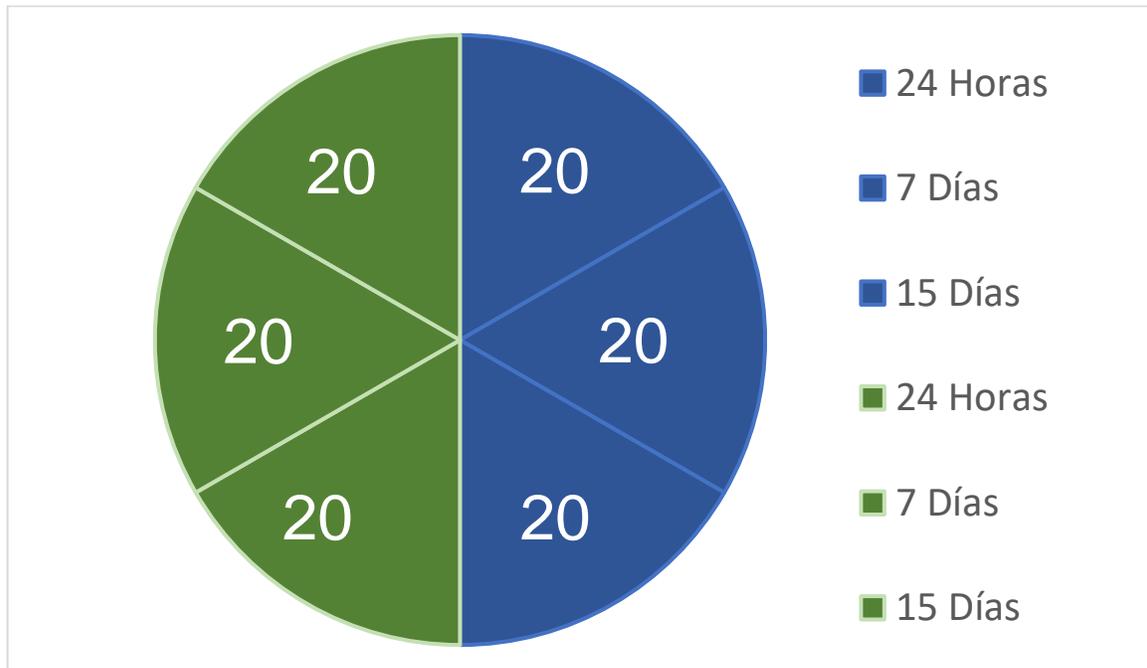
*Figura 8. Capsula de Equia Forte® Fil en molde*

## **VI.10 Análisis estadístico**

Una vez obtenidos los resultados, se colocaron en una tabla de Excel, se calculó el promedio y la desviación estándar para realizar el análisis estadístico para valores paramétricos para lo que se usó ANOVA.

## VII. Resultados

Grafico 1. División de las muestras de ionómero de vidrio.



Fuente: Hoja de recolección de datos

**Grafico 1.** El total de la muestra fue de N=120 bloques de ionómero de vidrio, n=60 fueron de ionómero de vidrio Equia forte® Fil, y n=60 de ionómero de vidrio Vitremer™.

Para la obtención de resultados, las muestras se dividieron en 2 grupos de 60 muestras cada uno, el grupo 1 fue para el ionómero de vidrio Equia forte® Fil y el grupo 2 fue Vitremer™, estas a su vez se dividieron en 3 grupos de 20 muestras cada uno, se realizó la prueba de resistencia a la compresión diametral a las 24 horas, 7 y 15 días.

Tabla 1. Resistencia a la compresión diametral del Ionómero de Vidrio Equia forte ® Fil			
No. Muestras	24 horas equia	7 días	15 días
1	284.25	204.45	270.75
2	349.65	301.45	303.4
3	320.6	265.45	435.95
4	167.6	240.05	341.7
5	442.15	226.6	273.6
6	422.85	281.8	235.8
7	382.65	303.3	290.25
8	271.2	236.4	387.5
9	243.2	400.15	420.5
10	346.75	202.65	336.15
11	359.7	136.05	332.65
12	367.25	326.15	242.1
13	338.95	295.05	329.55
14	347.55	206.75	264.9
15	258.45	243.95	226.55
16	433.05	197.8	253.05
17	266.45	283.7	148.35
18	275.55	269.45	255.1
19	258.55	224.45	354.15
20	254.07	229.75	262.4

Fuente: Hoja de recolección de datos

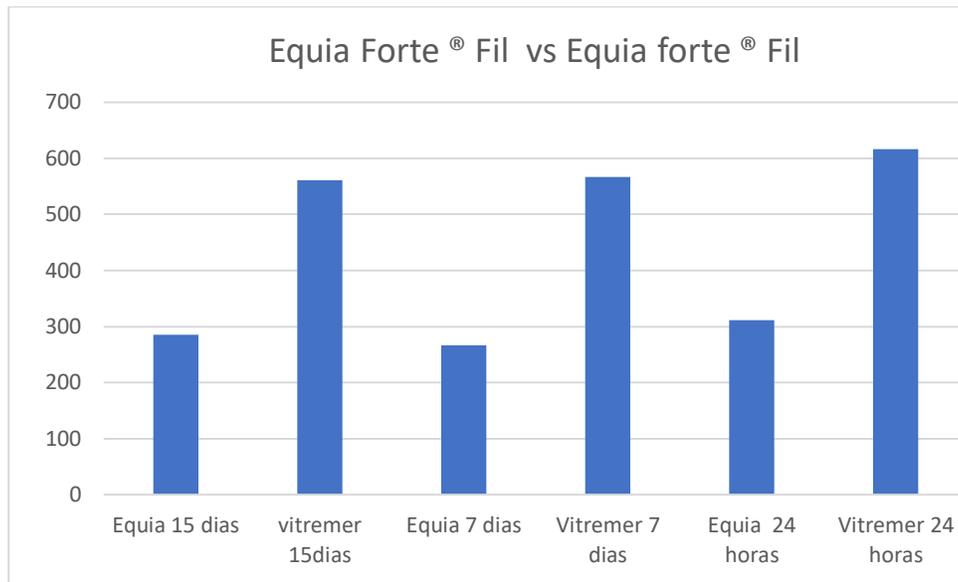
**Tabla 1.** En esta tabla encontramos las 60 muestras del grupo 1, el cual fue de ionómero de vidrio Equia forte ® Fil, del que se dividió en 3 grupos de 20 muestras cada uno, en el grupo de 24 horas la muestra No. 4 obtuvo la mínima resistencia que fue de 164.6 MPa a diferencia de la muestra No. 5 con 442.15 MPa, a los 7 días en el segundo grupo de 20 muestras, la muestra con menor resistencia fue la No. 11 con 136.05 MPa mientras que la muestra No. 9 tuvo su mayor resistencia de 400.15 MPa, en nuestro ultimo grupo de 15 días la muestra con menor resistencia a la compresión diametral fue la No. 17 con 148.35 MPa, y la que obtuvo mayor resistencia fue la No. 3 con 435.95 MPa.

Tabla 2. Resistencia a la compresión diametral del Ionómero de Vidrio Vitremer™.			
Muestras	24 horas	7 días	15 días
1	665.9	490.1	459.75
2	497.6	483.15	589.3
3	448.4	531.75	617.05
4	650.1	632.1	630.6
5	488.95	495.2	645.95
6	567.95	629.7	419.45
7	605.65	533.85	585.2
8	543.7	639.95	503.3
9	656	664.75	541.45
10	564	491.05	471.2
11	681.35	751.55	573.1
12	671.15	582.05	495.8
13	523.5	646.75	497.85
14	725.95	677.1	336.75
15	620.05	491.1	510.1
16	716.25	469.35	579.35
17	716.85	567.25	654.15
18	624.2	432.45	531.25
19	567.35	752.25	628.95
20	528.3	602.05	589.8

Fuente: Hoja de recolección de datos

**Tabla 2.** En esta tabla encontramos las 60 muestras del grupo 2, el cual fue de ionómero de vidrio Vitremer™, del que se dividió en 3 grupos de 20 muestras cada uno, en el grupo de 24 horas la muestra No. 3 obtuvo la mínima resistencia que fue de 448.4 MPa a diferencia de la muestra No. 14 con 725.95 MPa, a los 7 días en el segundo grupo de 20 muestras, la muestra con menor resistencia fue la No. 18 con 432.45 MPa mientras que la muestra No. 19 tuvo su mayor resistencia de 752.25 MPa, en el ultimo grupo de 15 días la muestra con menor resistencia a la compresión diametral fue la No. 14 con 336.75 MPa, y la que obtuvo mayor resistencia fue la No. 17 con 654.15 MPa.

Grafico 2. La media de Resistencia a la compresión diametral



Fuente: Hoja de recolección de datos.

**Grafico 2.** A los 15 días el Ionómero de Vidrio Equia forte® Fil alcanzo en promedio para la resistencia a la compresión diametral con un valor de 285.74 MPa, mientras que Vitremer™, a las 15 días mostro un promedio de resistencia a la compresión diametral de 561.34MPa, a los 7 días Equia forte® Fil obtuvo un promedio de compresión diametral de 266.25 MPa mientras que Vitremer™ de los 7 días fue de 566.30 y por ultimo Equia forte® Fil de 24 horas obtuvo un valor de 311.38MPa y el promedio de Vitremer™ a las 24 horas fue de 615.91.

Tabla 3. Comparación de la resistencia a la compresión diametral de dos ionómeros de vidrio uno convencional y uno modificado con resina.

	15 días	7 días	24 horas	Valor de p+
X ± DE (Rango)				
Equia forte® Fil	282.95 +- 41.68 (226.55 – 354.15)	264.35 +- 33.18 (224.45- 326.15)	307.99 +- 47.28 (243.2 – 382.65)	0.0001
Vitremer™	558.08 +- 61-80 (459.75 – 654.15)	561.92 +- 72.66 (469.35 – 677.1)	611.46 +- 75.29 (488.95 – 725.95)	0.0001
Valor de p*	0.0001	0.0001	0.0001	

X: Promedio; DE: Desviación Estándar. +: Prueba de ANOVA, \*: Prueba t de Student  
Fuente: Hoja de recolección de datos

**Tabla 3.** Se realizó un análisis estadístico de varianza (ANOVA) y se obtuvo un valor de  $p=0.0001$  para la resistencia a la compresión diametral. El ionómero de vidrio que mostró mayor resistencia a la compresión diametral fue Vitremer™, su resistencia fue casi el doble a comparación con EQUIA Forte® Fil, a las 24 horas ambos mostraron su mayor resistencia a la compresión diametral alcanzando EQUIA Forte® Fil (307.99+-47.28) y Vitremer™ (611.46 +- 75.29). Se hizo comparativa entre los dos grupos, se puede observar que si hubo diferencia significativa entre ellos pero no hubo diferencia estadísticamente significativa entre los mismos ionómeros a las 24 horas, 7 y 15 días.

## VIII. Discusión

En este estudio se evaluó, cual es la diferencia sobre la resistencia a la compresión diametral de dos tipos de ionómero de vidrio uno convencional Equia Forte ® Fil y uno modificado con resina Vitremer™. La resistencia a la compresión diametral es una propiedad importante para los materiales restauradores ya que representan la fuerza de masticación que sufren estos materiales, al ser Equia Forte ® Fil el ionómero de vidrio convencional de alta densidad el cual presenta mayor resistencia al desgaste que los ionómeros de vidrio convencionales, posee propiedades mecánicas y físicas mejoradas además de una mayor adhesividad a las estructuras dentarias. (Navarro MFL, Pascotto RC 1998).

En este estudio se realizaron 120 muestras divididas en dos grupos de 60 para cada ionómero que a su vez se dividieron en 3 grupos de 20 muestras cada uno (grafico 1) y se evaluó la resistencia a la compresión diametral, (Mata 2012) realizo un estudio comparando dos tipos de ionomeros convencionales y uno modificado con resina entre ellos Vitremer™ y los clasifico en 3 grupos de 10 muestras cada uno y realizo las pruebas a las 24 horas de todos los ionomeros estudiados a diferencia de este estudio que se evaluaron 20 muestras en 24 horas, 7 y 15 días.

Menezes Silva 2020, realizo un estudio donde comparo la resistencia a la compresion diametral a las 24 horas de 18 ionomeros de vidrio convencionales, divididos en grupos de 5 muestras solamente, el ionomero de vidrio Equia Forte ® Fil fue el que mostro mayor resistencia a la compresión diametral de todos los ionomeros estudiados, a diferencia de este estudio donde se compararon un ionómero de vidrio convencional y uno modificado con resina siendo este ultimo el que tuvo los valores mas altos en cuanto a resistencia a la compresión diametral.

A diferencia de nuestro estudio Blanco LS y cols, realizaron un estudio comparando la resistencia a la compresión entre un ionómero de vidrio modificando con resina

Vitremer™ y una resina compuesta Tetric N-Ceram, donde los valores de dureza de la resina compuesta fueron ampliamente mayores a los del ionómero de vidrio.

Si bien a los ionómeros de vidrio modificados con resina se les ha agregado grupos acrílicos para mejorar su resistencia a la compresión, aun no han logrado que su resistencia sea mayor que una resina.

Alejandra Hernández (2012) realizó un estudio que comprueba que los ionómeros de vidrio modificados con resina Vitremer y Ketac N 100 (3M ESPE), poseen una resistencia a la compresión muy superior al ionómero de vidrio convencional Ketac Molar Easy Mix (3M ESPE). Aquí los ionómeros de vidrio estudiados muestran nuevamente como en nuestro estudio que a pesar de la composición química de los ionómeros de vidrio convencionales y sus mejoras aun siguen teniendo menor resistencia a la compresión diametral.

Por otro lado (Bohner I., Prates I. 2018) realizaron un estudio para evaluar la resistencia a la compresión diametral de un cemento de ionómero de vidrio bajo la influencia de una protección de barniz y alimentos. En lo que concluyeron que si hubo un cambio estadísticamente significativo cuando las muestras se les colocó el barniz de fluoruro, en solo uno de sus grupos, las muestras sumergidas que fue en jugo de naranja, en los demás grupos (agua destilada, refresco y yogurt) no hubo diferencia significativa. A diferencia de nuestro estudio en el cual no se colocó ningún barniz de protección antes de realizar las muestras, se tendría que hacer un nuevo estudio comparando su resistencia ante un barniz de fluoruro al finalizar cada muestra y valorar si hubo cambio en su resistencia.

Según Towler et al (2001), el almacenamiento en agua en los primeros 15 minutos después de una reacción de fraguado forma una capa superficial blanda, probablemente provocando una inhibición de la reacción química que podría restringir el potencial de prevención de caries del ionómero de vidrio y su resistencia, Sin embargo en este estudio fueron sumergidas en agua destilada, y almacenadas a una temperatura de 37°C, con el fin de protegerlas de la deshidratación que sufre este material.

## **IX. Conclusiones**

En este estudio se demostró que a pesar de las propiedades mecánicas que se han ido agregado a los ionómeros de vidrio convencionales de alta densidad no se ha logrado tener una resistencia mayor a los modificados con resina. Pero al ser ionomeros de vidrio convencionales el nivel de fluoruros y adhesión que tiene al diente los hace materiales restauradores de excelente aplicación en la clínica diaria. Todos estos estudios muestran que los ionomeros de vidrio pueden variar su resistencia a la compresión diametral por muchos y muy diversos factores, por eso la importancia de tener el conocimiento adecuado de cual seria el ionómero de vidrio a elegir dependiendo del caso de cada paciente.

## X. Bibliografía

Anusavice K., J Shen., C., & Rawls H. R. 2013. Phillips' science of dental materials. Elsevier Health Sciences.

Atkinson., A. S., & Pearson G. J. 1985. The evolution of glass-ionomer cements. *British Dental Journal*, 159(10):335.

Bala, O., Arisu, H. D., Yikilgan, I., Arslan, S., & Gullu, A. 2012. Evaluation of surface roughness and hardness of different glass ionomer cements. *European Journal of Dentistry*, 6(1):79.

De Gee, A. J., Van Duinen, R. N. B., Werner, A., & Davidson, C. L. 1996. Early and long-term wear of conventional and resin-modified glass ionomers. *Journal of Dental Research*, 75(8):1613–1619.

De Souza BM, Moreli D, Magalhães A. Antimicrobial and anti-Caries effect of new glass ionomer cement on enamel under microcosm biofilm model. *Braz Dent J*. 2018;29(6):599–605.

Drummond, J. L., Lenke, J. W., & Randolph, R. G. 1988. Compressive strength comparison and crystal morphology of dental cements. *Dental Materials*, 4(1):38–40.

Ewoldsen, N. 1999. *Materiales restaurativos anticariogénicos*, 44.

Feng, W., Mu-Sen, L., Yu-Peng, L., & Yong-Xin, Q. 2005. A simple sol-gel technique for preparing hydroxyapatite nanopowders. *Materials Letters*, 59(8–9):916–919.

Forss, H., Jokinen, J., Spets-Happonen, S., Seppä, L., & Luoma, H. 1991. Fluoride and mutans streptococci in plaque grown on glass ionomer and composite. *Caries Research*, 25(6):454–458.

Giannini, M., Lovadino, J. R., & Pimenta, L. A. F. 1997. Resistência ao cisalhamento de dois materiais híbridos em esmalte. *Rev. Assoc. Paul. Cir. Dent*, 51(6): 587–591.

Hewlett, E. R., Caputo, A. A., & Wrobele, D. C. 1991. Glass ionomer bond strength and treatment of dentin with polyacrylic acid. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 66(6):767–772.

Inoue, S., Abe, Y., Yoshida, Y., De Munck, J., Sano, H., Suzuki, K., ... Van Meerbeek, B. 2004. Effect of conditioner on bond strength of glass-ionomer adhesive to dentin/enamel with and without smear layer interposition. *Oper Dent*, 29(6):685–692.

Koo, H., Xiao, J., Klein, M. I., & Jeon, J. G. 2010. Exopolysaccharides produced by *Streptococcus mutans* glucosyltransferases modulate the establishment of microcolonies within multispecies biofilms. *Journal of Bacteriology*, 192(12):3024–3032.

McCabe, J. F., Watts, D. C., Wilson, H. J., & Worthington, H. V. 1990. An investigation of test-house variability in the mechanical testing of dental materials and the statistical treatment of results. *Journal of Dentistry*, 18(2):90–97.

McComb, D. 1982. Retention of castings with glass ionomer cement. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 48(3):285–288.

McLean, J. W. 1972. Polycarboxylate cements. Five years' experience in general practice. *British Dental Journal*, 132(1):9.

Mitra, S. B. 1991. Adhesion to dentin and physical properties of a light-cured glass-ionomer liner/base. *Journal of Dental Research*, 70(1):72–74.

Mjor, I. A., & Gordan, V. V. 2002. Failure, repair, refurbishing and longevity of restorations. *Operative Dentistry*, 27(5):528–534.

Odontol. Sanmarquina 2021; Rosalyn Mariela Caso Guerra, Katherine Jeanette Campos Campos, Properties and clinical application of high density glass ionomers available in Lima-Peru 24(2): 351-356.

Pandit, S., Kim, H.-J., Song, K.-Y., & Jeon, J.-G. 2013. Relationship between fluoride concentration and activity against virulence factors and viability of a cariogenic biofilm: in vitro study. *Caries Research*, 47(6):539–547.

Peutzfeldt, A., & Asmussen, E. 1990. Effect of polyacrylic acid treatment of dentin on adhesion of glass ionomer cement. *Acta Odontologica Scandinavica*, 48(5):337–341.

Poitevin, A., De Munck, J., Van Landuyt, K., Coutinho, E., Peumans, M., Lambrechtse, P., & Van Meerbeek, B. 2008. Critical analysis of the influence of different parameters on the microtensile bond strength of adhesives to dentin. *Journal of Adhesive Dentistry*, 10(1).

Sara Blanco Lerech, Sebastián Frías Tarón, Arnulfo Tarón Dunoyer, José María Bustillo Arrieta, Il Antonio Díaz Caballero. 2017. Compressive strength of glass ionomer and composite resin. In vitro stud, Vol. 21, Núm. 2 Abril-Junio 2017 pp 109-113

Van Meerbeek, B., Yoshida, Y., Lambrechts, P., Vanherle, G., Duke, E. S., Eick, J. D., & Robinson, S. J. 1998. A TEM study of two water-based adhesive systems bonded to dry and wet dentin. *Journal of Dental Research*, 77(1):50–59.

Vokus, R. P., Cisneros, G. J., & Levi, M. 1998. Antibacterial properties of current orthodontic band cements. *Pediatric Dentistry*, 20:43–48.

Volker, J., Belkakis, E., & Melillo, S. 1944. Some observations on the relationship between plastic filling materials and dental caries. *Tufts Dent Outlook*, 18(4).

Wang, L., D'Alpino, P. H. P., Lopes, L. G., & Pereira, J. C. 2003. Mechanical properties of dental restorative materials: relative contribution of laboratory tests. *Journal of Applied Oral Science*, 11(3):162–167.

Wilson, A. D. 1996. A hard decade's work: steps in the invention of the glass-ionomer cement. *Journal of Dental Research*, 75(10):1723–1727.

Wilson, A. D., & Batchelor, R. F. 1967a. Dental silicate cements. I. The chemistry of erosion. *Journal of Dental Research*, 46(5):1075–1085.

Wilson, A. D., & Batchelor, R. F. 1967b. Dental silicate cements. II. Preparation and durability. *Journal of Dental Research*, 46(6):1425–1432.

Yap, A. U., Mudambi, S., Chew, C. L., & Neo, J. C. 2001. Mechanical properties of an improved visible light-cured resin-modified glass ionomer cement. *Operative Dentistry*, 26(3):295–301.

Yiu, C. K. Y., Tay, F. R., King, N. M., Pashley, D. H., Sidhu, S. K., Neo, J. C. L., ... Wong, S. L. 2004. Interaction of glass-ionomer cements with moist dentin. *Journal of Dental Research*, 83(4):283–289.