



# Universidad Autónoma de Querétaro

## Facultad de Medicina

Comparación de la resistencia a la compresión de 3 diferentes  
Ionómeros de Vidrio, Ketac™ Molar Easymix (3M ESPE),  
Vitremmer (3M ESPE), Gc Fuji IX, 1 Día, 15 días y 30 días después  
de su mezclado.

## Tesis

Que como parte de los requisitos  
para obtener el Diploma de la

## ESPECIALIDAD EN ODONTOPEDIATRIA

Presenta:

C.D. José Roberto Díaz Carrillo.

Dirigido por:

C.D.E.O. Mauricio López Jiménez.

Querétaro, Qro. a 22 marzo 2024

C.D. JOSE ROBERTO DIAZ CARRILLO.

“ Comparación de la resistencia a la compresión de 3 diferentes Ionómeros de  
Vidrio, Ketac™ Molar Easymix (3M ESPE), Vitremmer (3M ESPE), Gc Fuji IX, 1  
Día, 15 días y 30 días después de su mezclado.”

2024

La presente obra está bajo la licencia:  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>



CC BY-NC-ND 4.0 DEED

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

### Usted es libre de:

**Compartir** — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

### Bajo los siguientes términos:



**Atribución** — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.



**NoComercial** — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).



**SinDerivadas** — Si [remezcla, transforma o crea a partir](#) del material, no podrá distribuir el material modificado.

**No hay restricciones adicionales** — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas](#) que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.

### Avisos:

No tiene que cumplir con la licencia para elementos del material en el dominio público o cuando su uso esté permitido por una [excepción o limitación](#) aplicable.

No se dan garantías. La licencia podría no darle todos los permisos que necesita para el uso que tenga previsto. Por ejemplo, otros derechos como [publicidad, privacidad, o derechos morales](#) pueden limitar la forma en que utilice el material.



Universidad Autónoma de Querétaro  
Facultad de Medicina  
Especialidad de Odontopediatría

“Comparación de la resistencia a la compresión de 3 diferentes Ionómeros de Vidrio, Ketac™ Molar Easymix (3M ESPE), Vitremer (3M ESPE), Gc Fuji IX, 1 Día, 15 días y 30 días después de su mezclado.”

### **Tesis**

Que como parte de los requisitos para obtener el Diploma de la

Especialidad en odontopediatría

#### **Presenta:**

C.D. José Roberto Díaz Carrillo.

#### **Dirigido por:**

C.D.E.O. Mauricio López Jiménez.

Presidente C.D.E.O. Mauricio López Jiménez.

Secretario D. en C. Héctor Mancilla Herrera.

Vocal Dra. Claudia Verónica Cabeza Cabrera.

Suplente C.D.E.O. Adriana Itzel Vázquez.

Suplente C.D.E.O. Cinthia Castro Martínez.

Centro Universitario,  
Querétaro, Qro. Febrero 2023  
México

## Resumen

### Introducción:

**Objetivo:** Determinar cuál de los siguientes ionómeros de vidrio; Ketac molar easy mix (3M ESPE), Vitremer o GC Fuji IX presentan mayor resistencia a la compresión transcurrido 1 día, 15 días y 30 días después de su mezclado.

**Material y métodos:** Se llevo a cabo un estudio *in vitro* sobre especímenes de los tres ionómeros de vidrio con una medida de 4 mm de diámetro por 6 mm de profundidad, usando la prueba de resistencia a la compresión con la máquina de pruebas universales, cada material fue clasificado dependiendo del tiempo transcurrido después del mezclado de cada muestra, clasificándolos así por fecha 1 día, 15 días y 30 días después de su mezclado, los resultados obtenidos fueron clasificados y estudiados para observar su comportamiento con el paso del tiempo.

**Resultados:** El ionómero de vidrio Vitremer presentó la mayor resistencia a la compresión en todos los tiempos establecidos por encima de los otros dos materiales estudiados. Los tres materiales estudiados presentaron valores en aumento en relación al paso del tiempo, entre mayor tiempo pasa su resistencia a la compresión aumenta, se observó que mantiene un aumento constante, el ionómero de vidrio Ketac molar easy mix (3M ESPE) mostró una resistencia a la compresión máxima de  $204.36 \pm 27.09$  Mpa, el ionómero de vidrio Fuji IX mostro una resistencia a la compresión máxima de  $415.65 \pm 49.24$  Mpa y el ionómero de vidrio Vitremer mostro una resistencia a la compresión máxima de  $809.99 \pm 61.26$  Mpa.

**Conclusiones:** Los resultados obtenidos en este estudio coinciden con diversas investigaciones realizadas sobre los materiales analizados. El ionómero de vidrio Vitremer mostro un comportamiento en el cual observamos una mayor resistencia a la compresión en comparación a los ionómeros de vidrio Ketac molar easy mix (3M ESPE) y el ionómero de vidrio Fuji IX. Se podrían realizar otros estudios *in-vitro* para apoyar los resultados obtenidos.

**Palabras clave:** Ionómero de vidrio, Resistencia a la compresión, Restauración traumática.

## Summary

### Introduction:

**Objective:** Determine which of the following glass ionomers; Ketac molar easy mix (3M ESPE), Vitremer or GC Fuji IX have greater resistance to compression after 1 day, 15 days and 30 days after mixing.

**Material and methods:** An in vitro study was carried out on specimens of the three glass ionomers measuring 4 mm in diameter by 6 mm in depth, using the compressive strength test with the universal testing machine, each material was classified depending on the time elapsed after mixing each sample, thus classifying them by date 1 day, 15 days and 30 days after mixing, the results obtained were classified and studied to observe their behavior over time.

**Results:** The Vitremer glass ionomer presented the highest compressive strength at all established times above the other two materials studied. The three materials studied presented increasing values in relation to the passage of time, the more time passes their compression resistance increases, it was observed that it maintains a constant increase, the Ketac molar easy mix glass ionomer (3M ESPE) showed a resistance to the maximum compression of  $204.36 \pm 27.09$  Mpa, Fuji IX glass ionomer showed a maximum compressive strength of  $415.65 \pm 49.24$  Mpa and Vitremer glass ionomer showed a maximum compressive strength of  $809.99 \pm 61.26$  Mpa.

**Conclusions:** The results obtained in this study coincide with various investigations carried out on the materials analyzed. The Vitremer glass ionomer showed a behavior in which we observed a greater compressive strength compared to the Ketac molar easy mix glass ionomers (3M ESPE) and the Fuji IX glass ionomer. Other in-vitro studies could be carried out to support the results obtained.

**Keywords:** Glass ionomer, Compression resistance, Atraumatic restoration.

## **Dedicatorias**

A Dios, por guiar mis pasos y darme la fortaleza necesaria en cada momento de este camino.

A mis padres y hermanos, por ser mi ejemplo de esfuerzo, responsabilidad y amor incondicional. Gracias a ustedes he aprendido que con disciplina y dedicación es posible alcanzar cualquier meta que me proponga.

A mi prometida, por su apoyo constante, por acompañarme en las noches de desvelo y por recordarme siempre la importancia de creer en mí mismo. Tu compañía fue un pilar fundamental en esta etapa.

## **Agradecimientos**

Con profunda gratitud, expreso mis agradecimientos a todas las personas e instituciones que hicieron posible la culminación de esta etapa tan significativa en mi vida.

A mis compañeros y amigos de generación, quienes con su amistad, colaboración y compañía hicieron más llevaderos los retos de la especialidad, convirtiendo las dificultades en aprendizajes compartidos.

A la Universidad Autónoma de Querétaro, por abrirme sus puertas y mantener su compromiso con la formación de profesionales aún en tiempos complejos como la pandemia, demostrando que la educación y la vocación pueden sobreponerse a cualquier circunstancia.

A mis profesores, por su guía, por transmitir sus conocimientos y, sobre todo, por inculcarme la vocación de servir a los pacientes pediátricos con calidad humana y profesional. Gracias a ustedes he aprendido que nuestra labor no solo consiste en devolver la salud bucal, sino también la sonrisa y la confianza a cada niño que atendemos.

Finalmente, a mi familia, mi prometida y todas aquellas personas que me brindaron apoyo, compañía y aliento durante este camino, mi más sincero agradecimiento: este logro también les pertenece.

## Índice

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
<b>Resumen</b>	i
<b>Summary</b>	ii
<b>Dedicatorias</b>	iii
<b>Agradecimientos</b>	iv
<b>Índice</b>	v
<b>I. Introducción</b>	9
<b>II. Antecedentes</b>	11
<b>III. Fundamentación teórica</b>	12
Ionómero de vidrio	12
Flúor	19
Fuerzas fundamentales	20
Resistencia a la compresión	22
Resistencia a la abrasión	23
Materiales a estudiar	24
<b>IV. Hipótesis</b>	26
<b>V. Objetivos</b>	27
V.1 General	27
V.2 Específicos	27
<b>VI. Material y métodos</b>	28
VI.1 Tipo de investigación	28
VI.2 Población o unidad de análisis	28
VI.3 Muestra y tipo de muestra	28
VI.3.1 Criterios de selección	29
V.3.2 Variables estudiadas	30
VI. Técnicas e instrumentos	30
VI. Procedimientos	31



<b>VII. Resultados</b>	43
<b>VIII. Discusión</b>	44
<b>IX. Conclusiones</b>	46
<b>X. Propuestas</b>	47
<b>XI. Bibliografía</b>	50

## I. Introducción

“La Odontología en su búsqueda de materiales ideales para el tratamiento de la caries dental ha desarrollado, a través de los años, diversos elementos que ayudan a restituir la estructura dental perdida. Entre éstos se encuentra el ionómero de vidrio o polialquenoato de vidrio, desarrollado en 1969 por Wilson y Kent, quienes combinando el polvo del cemento de silicato y el líquido del cemento de policarboxilato de zinc crearon un nuevo material dental basado en la reacción del aluminosilicato con el ácido poliacrílico, conjugando las propiedades de ambos cementos: adhesión específica y liberación de fluoruro” (Sánchez and Ortega 2010).

En 1969, Wilson y Kent sintetizaron el ionómero de vidrio, el cual combinaba la fuerza, rigidez y capacidad de liberar flúor de los cementos de silicato, con la biocompatibilidad y adhesividad del ácido poliacrílico (Atkinson and Pearson 1985) El polvo es principalmente un vidrio amorfo, compuesto por aluminio y silicio modificado con fluoruros y óxidos metálicos, todo esto reacciona con soluciones ácidas desplazando el aluminio de la estructura vítrea (Sharanbir and Watson 1995).

Los ionómeros de vidrio han sido ampliamente utilizados en la Odontología Restauradora, pues tienen grandes ventajas como su biocompatibilidad, adhesión a la estructura dental y liberación de flúor. Resultan de la combinación de una solución acuosa que contiene ácidos policarboxílicos, silicato de aluminio y calcio, además de flúor. (Bala et al., 2012) El material tiene un módulo de elasticidad similar a la dentina, un coeficiente de expansión térmica parecido al diente y una resistencia compresiva que aumenta con el tiempo. (Lafuente 2011) Otra propiedad importante es la adhesión, la cual es de tipo química de naturaleza iónica entre los grupos carboxilos y el calcio de la hidroxiapatita de la dentina (Wilson 1988) Se forma un cristal de fosfato de calcio-polialquenoato que, a su vez, actúa como interfase entre la dentina y el ionómero fraguado (Ngo 1997) Los grupos carboxilo, presentes en el líquido del ionómero, son los necesarios para la adhesión, por lo que su mezcla no debe exceder los 20 a 30 segundos para conseguir una inserción rápida del material en la restauración (Lafuente, 2011) esto

evita que al iniciarse la reacción con el polvo se pierdan grupos carboxilos en la masa ya fraguada (Henostroza Haro 2006).

## **II. Antecedentes**

Los ionómeros de vidrio tienen usos diversos en la Odontología Restauradora como por ejemplo lesiones cariosas incipientes, especialmente en dientes temporales, también para cementado de prótesis fija y lesiones de clase V. Dentro de sus propiedades físicas, los IV tienen un módulo flexural similar a la dentina, al igual que el coeficiente de expansión térmica que es comparable con el de la estructura del diente. La resistencia compresiva aumenta con el envejecimiento de la restauración, debido a la incorporación de iones dentro de la matriz y de las cadenas cruzadas (Tate and Powers 1996).

De ahí la razón de estudiar los nuevos ionómeros de vidrio, como la moderna generación de cementos de ionómeros de vidrio que presenta mejores propiedades mecánicas debido a la incorporación de nanorellenos vítreos en su estructura.

La Asociación Odontológica Americana (ADA), a través de la Norma 96, ha estipulado los requisitos que deben cumplir los cementos de base acuosa, donde se incluyen los cementos de ionómero de vidrio, la norma se enfoca en el comportamiento físico del material: el tiempo de fraguado, erosión ácida y resistencia a la compresión. Esta norma indica que la resistencia compresiva mínima para los ionómeros de vidrio es de 130 MPa a las 24 horas.(Sánchez 2010) Es importante resaltar, que los materiales de restauración no se comportan igual a través del tiempo, ya que la cavidad oral está expuesta constantemente a fuerzas masticatorias, cambios de temperatura y humedad.(Simmons et al. 2016) Por lo antes mencionado, es importante evaluar si existe diferencias a través del tiempo ya que a las 24 horas el cemento de ionómero de vidrio termina de activarse químicamente y los iones se unen a la matriz de hidrogel la cual endurece paulatinamente, reduciendo la microfiltración y asegurando la adhesión a las estructuras dentarias. A los 7 días, concluye la maduración, formando una masa dura de poliacrilato de aluminio. Finalmente, a los 60 días, el cemento de ionómero de vidrio sella las microporosidades causadas por la liberación de flúor, aumentando la resistencia compresiva que disminuyó durante el proceso de liberación (Dávila Ramírez 2018).

### **III. Fundamentación teórica**

#### **Ionómero de vidrio**

Los componentes básicos del polvo son sílice ( $\text{SiO}_2$ ), alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) y fluoruro cálcico o fluorita ( $\text{CaF}_2$ ), que se funden a  $1100\text{-}1500^\circ\text{C}$  obteniéndose un vidrio que se tritura posteriormente hasta conseguir el polvo de uso clínico. El vidrio al ser atacado por el ácido es capaz de liberar una gran cantidad de iones (de ahí el nombre de Ionómero). Además de los componentes básicos, el polvo tiene otros componentes como son el fosfato de aluminio, fluoruro de aluminio, fluoruro de sodio. La cantidad de flúor en peso final es de aproximadamente un 20%. Esta cantidad de flúor es importante, no solo por su liberación y efecto anticariogénico, sino por que retrasa la gelificación ya que reacciona más rápido que los iones más pesados (si estos iones reaccionaran antes, la gelificación sería acelerada y el material se convertiría en una pasta difícil de manejar). También incorpora cantidades pequeñas y variables de estroncio, bario, plata, óxido de zinc, entre otros, que confieren radio opacidad al material (Macorra 1995).

El tamaño de las partículas del polvo oscila entre  $13$  y  $19\mu\text{m}$  en los Ionómeros que se utilizan para cementado, esto con el fin de conseguir espesores más pequeños para que la restauración tenga lugar dentro de la cavidad. En el caso de los Ionómeros que se utilizan como selladores las partículas de polvo tienen más espesor, miden de  $20$  a  $50\mu\text{m}$ . (Macorra 1995).

Los componentes del líquido son tres:

1. Los poliácidos: Son ácidos conocidos como polialquenoicos o policarboxílicos porque presentan múltiples grupos carboxilo ( $\text{COOH}$ ). Fundamentalmente están integrados por homopolímeros (un sólo compuesto que se repite) o copolímeros (dos compuestos que se repiten) de ácidos mono, bi o tricarboxílicos insaturados como son el ácido acrílico, el ácido maleico o el ácido itacónico. Los poliácidos con mayor uso en el área son los homopolímeros de ácido acrílico o los copolímeros de ácido acrílico. Estos ácidos pueden presentarse como parte de una solución acuosa al 40-50% (Salamea,

2021; García et al. 2013).

2. El agua: Constituye el medio donde se produce la reacción. Está presente en el líquido con los poliácidos y en una proporción del 50-60%, con algunos fabricantes, es necesario añadirlo directamente según las indicaciones del producto. En general, una reducción en la cantidad de agua de la mezcla conlleva una mayor dureza del material y un fraguado más rápido. Por el contrario, un exceso de agua produce una mezcla más débil y la reacción de fraguado se hace más lenta (Salamea 2021).
3. Aceleradores: Suele tratarse del ácido tartárico. Actúa como acelerador del endurecimiento ya que facilita la extracción de los iones de las partículas de polvo. Además, debido a sus características posibilita trabajar con cristales con menor cantidad de flúor haciendo posible la existencia de materiales más translúcidos y estéticos (Torres 2015).

La fase de endurecimiento del ionómero de vidrio se conoce comúnmente como “fase de reticulación” o “fase de curado”. Durante esta etapa, el ionómero de vidrio experimenta una serie de reacciones químicas y cambios estructurales que resultan en la formación de enlaces cruzados entre las moléculas del material. Estos enlaces cruzados contribuyen a la mejora de las propiedades mecánicas, la adhesión y la resistencia del ionómero de vidrio, lo que es esencial para su función como material de restauración dental (Hernández 2013).

Durante esta fase, el ionómero de vidrio pasa de un estado inicial más fluido a un estado más sólido y rígido a medida que se forman enlaces químicos y se organizan las partículas dentro del material. La etapa de endurecimiento es crucial para el desarrollo de las propiedades mecánicas y físicas deseadas en el ionómero de vidrio, como su resistencia, dureza y durabilidad (Matsuya, 1996).

Es importante tener en cuenta que el proceso de endurecimiento del ionómero de vidrio puede incluir varias etapas, como lo son la gelación inicial, la polimerización y la

maduración molecular, cada una de las cuales contribuye a la formación de la estructura final del material. Dependiendo del tipo de ionómero de vidrio y del protocolo de manipulación utilizado, el proceso de endurecimiento puede requerir tiempo adicional para lograr las propiedades óptimas (Leon 2022).

Los profesionales de la odontología siguen cuidadosamente las instrucciones y pautas del fabricante durante la fase de endurecimiento para asegurarse de que el ionómero de vidrio se desarrolle de manera adecuada y se logren los mejores resultados clínicos en términos de adhesión, resistencia y durabilidad de las restauraciones dentales (Lopes 2016).

Durante la fase de reticulación o de polimerización el ionómero de vidrio experimenta reacciones químicas que conducen a la formación de enlaces cruzados entre las cadenas moleculares del material. Estos enlaces cruzados fortalecen la estructura del ionómero de vidrio y le confieren propiedades mecánicas y físicas mejoradas (Hes 1999).

En la fase de polimerización es crucial lograr la resistencia y la dureza del ionómero de vidrio, así como su capacidad de adherirse a los tejidos dentales y soportar las tensiones orales. Durante esta fase las cadenas poliméricas del ionómero de vidrio se entrelazan y forman una estructura tridimensional más cohesiva y estable es importante seguir las instrucciones del fabricante y los protocolos clínicos recomendados para manipular y endurecer adecuadamente el ionómero de vidrio, garantizando así que alcance la fase de reticulación de manera efectiva para obtener resultados dentales exitosos y duraderos (Sidhu 2011).

El fraguado consiste en una reacción ácido-base entre los ácidos policarboxílicos del líquido (ácido) y las partículas de vidrio de silicato de aluminio fluorado del polvo (base) que genera una sal (policarboxilato) y agua:

Ac. Policarboxílicos + Vidrio (fluoroaluminosilicato) → Sal (policarboxilato) + Agua  
Dicha sal forma un entramado que retiene las partículas de vidrio sin reaccionar. Se trata, por tanto, de un material no homogéneo sino compuesto. Estas partículas presentan una

capa externa a partir de la cual se realiza el intercambio iónico. En este sentido, el poliácido libera protones que atacan la capa externa, que contiene iones metálicos, liberándose éstos al medio, al tiempo que la capa externa queda con un claro predominio de sílice y protones. Por todo ello, esta capa se denomina "capa de gel silícico hidratado". Además, esta reacción es escasamente exotérmica y conlleva una muy ligera contracción, que se ve compensada por la expansión higroscópica posterior. La reacción comienza cuando los protones provenientes de los ácidos poliacrílico, itacónico y tartárico (que se disocian al estar en un medio hídrico) atacan la superficie de las partículas de vidrio liberándose cationes ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Al}^{+++}$ ) y iones fluoruro. Los iones calcio se liberan en las fases iniciales de la reacción, en las fases más tardías y de forma más lenta se liberan los iones aluminio (debido a su mayor peso molecular) (Verón, 2018).

De esta forma el fraguado tiene lugar en dos fases distintas:

1. La primera fase es el endurecimiento de la matriz la cual se produce a los pocos minutos de realizar la mezcla.
2. En la segunda fase se produce la unión entre la matriz y el relleno. Esta segunda fase comienza pasando 5 a 30 minutos y prácticamente se completa a las 24 horas. En esta reacción, el agua sirve de medio a través del cual tiene lugar el transporte de iones. Por lo tanto, en medios no acuosos la reacción del Ionómero de vidrio no puede ser tan significativa.

Aproximadamente el 24% de la composición del Ionómero de Vidrio Fraguado es agua, probablemente ese sea el mayor inconveniente en cuanto al uso de los Ionómeros de Vidrio, el hecho de ser considerablemente sensibles a la hidratación y deshidratación durante su fraguado sobre todo durante la primera fase. Debido a que esta reacción es lenta, el tiempo durante el cual son susceptibles a los cambios hídricos es amplio. En los primeros momentos de fraguado (formación de complejos con los iones calcio) hay una gran capacidad de absorción de agua. Posteriormente durante la formación de complejos con los iones de aluminio disminuye esta capacidad, siendo más intensa la posibilidad de pérdida de agua (Gutiérrez et al. 2005).



Por lo anterior, es recomendable que no se deseque ni humedezca el material durante las primeras horas. Ya que el efecto pudiera no ser el mismo al secarlos en exceso (resquebrajamiento) que al mojarlos (disolución). El balance del agua no debe de alterarse ya que posteriormente queda integrada dentro de la matriz, esto último permite establecer una estructura fuerte y constante. En los primeros minutos de reacción ácido-base, coincidente con la formación de cadenas de calcio, la vulnerabilidad del cemento es mayor y el agua de reacción se denomina "débilmente unida" la cual puede ser fácilmente perdida. A medida que el CIV progresa en su maduración, que también es coincidente con la formación de cadenas de aluminio, el agua va incorporándose a la matriz por medio de hidratación de las sales, convirtiéndose en "fuertemente unida". El paso de agua "débilmente unida" a "fuertemente unida" es lento, delicado y unido con la transición de las cadenas de calcio a aluminio, delimitan e influyen críticamente en las fases de maduración de los CIV (Van Noort and Barbour 2014).

La temperatura oral juega un papel importante en la cristalización y maduración del ionómero de vidrio debido a su influencia en las tasas de reacción química y en el proceso de endurecimiento del material. La temperatura puede afectar tanto la velocidad como la calidad de la cristalización, lo que a su vez puede tener impacto en las propiedades mecánicas y físicas del ionómero de vidrio a continuación repasaremos algunas consideraciones sobre la importancia de la temperatura oral en la cristalización del ionómero de vidrio:

**Velocidad de reacción:** La temperatura afecta la velocidad de las reacciones químicas. A temperaturas más altas, las reacciones tienden a ocurrir más rápidamente, lo que puede acelerar el proceso de cristalización del ionómero de vidrio. Sin embargo, una velocidad de reacción excesivamente rápida puede afectar la formación adecuada de la estructura cristalina y, por lo tanto, es crucial encontrar un equilibrio para lograr una cristalización óptima (Torres et al. 2015).

**Estructura cristalina:** La cristalización del ionómero de vidrio implica la formación de una estructura cristalina ordenada a medida que los componentes del material se

organizan en patrones específicos. La temperatura puede afectar la formación de enlaces químicos y la organización de las partículas cristalinas. Una temperatura incorrecta podría influir en la estructura y la cohesión del material, lo que a su vez podría influir en la resistencia y la durabilidad de la restauración dental (Torres et al. 2015).

**Propiedades mecánicas:** La temperatura durante el proceso de maduración y cristalización del ionómero de vidrio puede influir en las propiedades mecánicas del ionómero de vidrio, como lo es la dureza del mismo, la resistencia del material y la tenacidad. Una cristalización adecuada a la temperatura oral puede mejorar la adhesión del ionómero de vidrio a los tejidos dentales, así como su capacidad para soportar las fuerzas de masticación y otras tensiones orales (Yan et al. 2007).

**Estabilidad a largo plazo:** Las condiciones térmicas durante la cristalización pueden afectar la estabilidad a largo plazo del ionómero de vidrio, un proceso de endurecimiento bien controlado a temperaturas cercanas a las condiciones orales puede contribuir a la formación de una restauración dental duradera y resistente es importante que los profesionales de la odontología sigan las recomendaciones y protocolos del fabricante para la manipulación y el endurecimiento del ionómero de vidrio, teniendo en cuenta las condiciones de temperatura relevantes para garantizar resultados clínicos óptimos. La temperatura es solo uno de los factores que influyen en la cristalización del ionómero de vidrio, y su control adecuado es fundamental para lograr restauraciones dentales exitosas y duraderas (Van Noort 2014).

Los ionómeros de vidrio pueden ser clasificados mediante su composición e indicación clínica. Mediante su composición: podemos encontrar a los convencionales, reforzados con metales, modificados con resina y de alta viscosidad. En cuanto a su indicación clínica se pueden clasificar en tres grupos: Tipo I (Cementación), Tipo II (restauraciones y muñones directos) y Tipo III (bases cavitarias y selladores de fosas y fisuras). Los CIVs son ampliamente utilizados en la Odontología Restauradora, pues posee grandes ventajas como su biocompatibilidad, adhesión química a la estructura dental y liberación de flúor (Henostroza 2006).

Quienes basándose en su composición y reacción de endurecimiento propusieron dividirlos en:

- I. Ionómeros vítreos convencionales o tradicionales que incluyen dos subgrupos:
  - Ionómeros de alta densidad.
  - Ionómeros remineralizantes.
- II. Ionómeros vítreos, modificados con resinas que incluyen también dos subgrupos:
  - Ionómeros vítreos modificados con resinas fotopolimerizables.
  - Ionómeros vítreos modificados con resinas autopolimerizables (Valencia 2011).

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 (García et al. 2013).

## **Flúor**

El flúor es un elemento químico presente en la naturaleza en diversas formas y compuestos. Aunque el flúor elemental puro es muy reactivo y se combina rápidamente con otros elementos, el flúor se encuentra principalmente en forma de compuestos minerales y en pequeñas cantidades en el agua, el suelo, los minerales y en organismo vivos (Thomas 2006).

Algunas formas naturales en las que se encuentra el flúor incluyen:

Minerales Fluorados: El flúor se encuentra en una variedad de minerales fluorados, como la fluorita, la criolita, la fluorapatita y otros.

Agua: El flúor también se encuentra en pequeñas cantidades en el agua natural, ya sea en ríos, lagos, océanos o fuentes subterráneas. Sin embargo, las concentraciones de flúor en agua pueden variar significativamente según la ubicación geográfica.

Suelo y roca: El flúor está presente en suelos y rocas de todo el mundo. Los minerales que contienen flúor pueden liberar este elemento gradualmente al suelo y al agua a través de procesos naturales como la erosión y descomposición.

Plantas y alimentos: Las plantas y los alimentos pueden contener flúor en cantidades variables, dependiendo de la concentración en el suelo y el agua donde se cultivan. Las plantas absorben flúor del suelo a través de sus raíces y luego pueden ser consumidas por animales y humanos.

Dientes y Huesos: El flúor también está presente en los tejidos duros del cuerpo humano y de otros animales, como dientes y huesos. El flúor es un componente natural de la hidroxiapatita, el mineral que compone gran parte de la estructura dental.

Compuestos Orgánicos: el Flúor puede estar presente en compuestos orgánicos naturales, aunque en menor medida. Por ejemplo, algunos compuestos orgánicos fluorados se encuentran en la naturaleza debido al proceso geológico y biológico (Berger et al. 2011, Walker 2014).

Es importante señalar que, aunque el flúor es un elemento naturalmente presente en el medio ambiente, las concentraciones y la forma en que se encuentran pueden variar ampliamente según la ubicación geográfica y las condiciones locales. Además, en la actualidad, el flúor también se utiliza de manera controlada y regulada en la prevención de la caries dental, como en el agua potable fluorada y en productos dentales, para beneficiar la salud bucal (Thomas 2006).

El Flúor es un elemento químico que pertenece al grupo de los halógenos en la tabla periódica, junto con el cloro, el bromo, el yodo y el astato. La valencia del flúor es de -1. Esto significa que, en las reacciones químicas, el flúor tiende a ganar un electrón para alcanzar la configuración electrónica del gas noble más cercano, que en este caso es el neón (Ne). Al ganar un electrón, el Flúor adquiere una carga negativa de -1, lo que le permite formar enlaces iónicos covalentes con otros elementos para completar su

configuración electrónica y adquirir la estabilidad similar a la de un gas noble (Matsumoto et al. 2006).

Por ejemplo, en los compuestos iónicos, como los haluros de flúor (como el fluoruro de sodio NaF), el flúor gana un electrón y forma un ion fluoruro ( $F^-$ ) con carga negativa, mientras que el sodio (Na) pierde un electrón y forma un ion sodio ( $Na^+$ ) con carga positiva (Rozen 1988).

### **Fuerzas fundamentales.**

Durante la mordida, es importante considerar tanto las fuerzas verticales como las fuerzas tangenciales que actúan en los dientes y las estructuras adyacentes. Estas fuerzas son fundamentales para comprender la distribución de las cargas y las tensiones en la cavidad oral (Ferrario et al. 2004).

**Fuerzas verticales:** Las fuerzas verticales son aquellas que se ejercen en dirección perpendicular al plano horizontal de la dentición. Estas fuerzas responsables de la función principal de los dientes, que es la masticación y trituración de los alimentos. Durante la masticación, las fuerzas verticales se aplican al contacto entre las superficies oclusales de los dientes superiores e inferiores (Wu et al. 2023).

**Fuerzas tangenciales:** Las fuerzas tangenciales, también conocidas como fuerzas horizontales o fuerzas laterales son aquellas que se aplican en dirección paralela al plano horizontal de la dentición. Estas fuerzas pueden surgir durante actividades como la masticación, el habla y la deglución. Las fuerzas tangenciales pueden ser generadas por movimientos laterales de la mandíbula, como en el proceso de trituración de los alimentos. También pueden ser el resultado de hábitos como el bruxismo (rechinar los dientes) y el apretamiento de las caras oclusales e incisales de los dientes (Zhao et al. 2023).

Es importante tener en cuenta que las fuerzas verticales y tangenciales varían según la función oral y las características individuales de la oclusión. Además, la distribución de

estas fuerzas puede influir en la salud dental y en la integridad de las restauraciones dentales, como los ionómeros de vidrio mencionados anteriormente (Ferrario et al. 2004).

La magnitud y la dirección de la fuerzas durante la mordida son temas complejos y pueden variar según la situación clínica (Reina et al. 2007).

Una de las variables que parecen estar fuertemente relacionadas con la fuerza oclusal es el número de contactos oclusales, en un estudio de sección transversal, encontraron correlación positiva entre fuerza de mordida y numero de contactos oclusales, goniaco cerrado y poca inclinación del plano mandibular (Ferrario et al. 2004).

La relación entre la fuerza de mordida y variables craneofaciales como espesor del musculo masetero y pterigoideo interno, los resultados mostraron una correlación positiva entre los espesores musculares y la fuerza de mordida (Wu et al. 2023)

Se realizo un estudio sobre la fuerza máxima de mordida en niños entre 5 y 17 años, por medio de gnatodinamometro de material piezoeléctrico encontraron que los resultados en la zona molar se hacían más grandes conforme aumentaba la edad de 209 N a 406 N. se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los valores de las niñas y los niños, pero no se encontraron diferencias entre los lados de la arcada (López Aldana et al. 2002).

### **Resistencia a la compresión**

Se sabe que la resistencia compresiva es una propiedad importante en los materiales restaurativos, particularmente en el proceso de masticación. Durante la masticación actúan distintas fuerzas, tracción, flexión y compresión. Conocer sobre estos esfuerzos, sobre todos los de compresión. Dará criterio al profesional para decidir al momento de una obturación cual ionómero de vidrio es mejor en relación a sus características biomecánicas, garantizando así el éxito de la restauración (Hernández et al. 2013).

Una carga compresiva aplicada a un cuerpo le provocara tensiones de reacción que, cuando son superadas, harán que este comience primero a deformarse elásticamente, para luego y aumentada la carga al hacerlo permanentemente, hasta que finalmente si la carga es de tal magnitud que vence a la resistencia que el cuerpo le opone como reacción, se fracturara o romperá, dado que la tensión que el cuerpo le opuso ha sido superada (Huayhua Revollo 2013).

los criterios de resistencia compresiva de los ionómeros de vidrio especificados en la norma iso de 1986 y en los estándares británicos bsi, 1981, establecen que la resistencia compresiva mínima aceptable de estos materiales debe ser no menor a 65 megapascals (Mpa) para los ionómeros tipo 1 o cementantes, y no menor a 125 Mpa para los ionómeros tipo 2 o restaurativos (Anstice, et al., 1992).

### **Resistencia a la abrasión**

La resistencia a la abrasión en materiales dentales se refiere a la capacidad de un material dental para resistir el desgaste y la pérdida de superficie cuando esta en contacto con fuerzas de fricción repetitivas. En el contexto dental, la abrasión puede ocurrir debido a varios factores, como la masticación, el cepillado dental, el uso de hilo dental y otro tipo de fuerzas mecánicas (MiLosevic 2017).

Los materiales dentales, como las restauraciones y las prótesis dentales, están expuestas a diversas formas de abrasión durante la vida útil de un paciente. La resistencia a la abrasión es una propiedad importante que afecta la durabilidad y la longevidad de estos materiales en la cavidad oral (Alvaro et al. 2013).

Los investigadores y profesionales de la odontología evalúan la resistencia a la abrasión de los materiales dentales utilizando pruebas específicas que simulan las condiciones de desgaste que experimentan en boca. Estas pruebas pueden incluir la aplicación de cargas mecánicas y repetitivas, el uso de dispositivos de cepillado simulado y la exposición a partículas abrasivas (MiLosevic 2017)

La resistencia a la abrasión en materiales dentales es la capacidad de un material para mantener su integridad estructural y funcional bajo condiciones de fricción repetitiva y desgaste, lo que es esencial para garantizar una calidad duradera de las restauraciones y prótesis dentales en el entorno oral. (Sulong and Aziz 1990)

A continuación, se describen las características que el fabricante establece de los ionómeros de vidrio que serán estudiados en el presente estudio relacionado a su resistencia a la compresión durante el tiempo establecido, indicaciones de cada material, ventajas, desventajas, forma adecuada de mezclar los ionómeros de vidrio una vez descritas las propiedades de los materiales y sus indicaciones se describirá el planteamiento del problema de la presente investigación.

### **Materiales a estudiar**

A continuación, se describen las características que el fabricante establece de los ionómeros de vidrio que serán estudiados en el presente estudio relacionado a su resistencia a la compresión durante el tiempo establecido, indicaciones de cada material, ventajas, desventajas, forma adecuada de mezclar los ionómeros de vidrio una vez descritas las propiedades de los materiales y sus indicaciones se describirá el planteamiento del problema de la presente investigación.

### **Ketac™ Molar Easymix**

Alta resistencia a la flexión, que reduce el riesgo de fractura de las restauraciones.

- Autoadhesivo. Se adhiere al esmalte y a la dentina.
- Ideal para Tratamientos Restaurativos Atraumáticos (TRA) y, en general, para la Odontología Mínimamente Invasiva (MID, por sus siglas en inglés).
- Liberación de flúor a largo plazo, que ayuda a prevenir la formación de caries secundaria y acentúa la remineralización de la estructura dental.
- Baja erosión a los ácidos, mantiene una excelente integridad marginal de las restauraciones.
- Cuatro tonos (A1, A3, A4 y B2).



- Radiopaco.
- Buena relación costo-beneficio.

Ketac™ Molar Easymix se diferencia de los ionómeros de vidrio estándar por su avanzada fórmula granulada.

- Más fluido. Un polvo que se puede verter se traduce en una dosificación más exacta, con una relación polvo/líquido idóneo.
- Más hidrofílico. El componente líquido se absorbe rápidamente y con menos desperdicio, para una mezcla más rápida y fácil.
- Más fácil de manipular. Es menos pegajoso y produce menos polvo que los productos de ionómero de vidrio de la competencia.

Indicaciones:

Adecuado para restauraciones pediátricas, de adultos y geriátricas:

- Como base de las restauraciones con resinas y amalgamas
- Restauraciones en dientes temporales
- Como obturación semipermanente en restauraciones simples y complejas de dientes temporales y permanentes
- Restauraciones semipermanentes Clases III y V de dientes temporales y permanentes
- Obturaciones cervicales cuando la estética no es prioridad
- Reconstrucción de muñones
- Sellador de fisuras

### **Vitremer**

Ionómero de vidrio de Restauración de triple curado.

Descripción:

Ionómero de vidrio de Restauración y reconstrucción de muñones que ofrece tres formas de polimerización. Vitremer es un restaurador de ionómero de vidrio modificado con resina. En presentación polvo/líquido, sus reacciones de curado incorporan la

reacción ácido-base del ionómero de vidrio, el curado del radical libre de metacrilato por un “fotoiniciador” y el Curado del radical libre de metacrilato en la oscuridad.

#### Ventajas:

- Alta resistencia a la fractura. Resistente – longevidad clínica alta duración.
- Radiopaco.
- Baja solubilidad.
- Su exclusiva química de polimerizado en oscuro permite su colocación en un solo bloque, lo que elimina la necesidad de la colocación en capas y ahorra tiempo, gracias a su novedosa tecnología de triple curado.
- Muestra el fraguado de un ionómero de vidrio verdadero en cuya polimerización se libera flúor durante un tiempo prolongado y su adhesión química a la estructura dental, brindándole una mayor confianza al odontólogo.
- Como material restaurador, brinda excelentes propiedades de manipulación y un tiempo de trabajo en boca prolongado para facilitar su uso.
- Permite preparaciones cavitarias más conservadoras - preserva la estructura dental

#### Indicaciones de Uso:

- Restauraciones Clase III y Clase V.
- Restauraciones Clase I o II en dientes temporales.
- Base/liner cavitario.
- Reconstrucción de muñones.
- Reconstructor geriátrico

#### Instrucciones de Uso:

##### Presentación:

- Kit Introductorio A3 o Pediátrico
- 5 g botella de polvo
  - ml de líquido
- 2 ml de primer
- 2 ml de líquido glaseador para terminado

- Puntas aplicadoras con pistones, cuchara, block de mezcla
- Reposiciones
- Líquido, 8 ml
- Puntas aplicadoras/pistones, (50 unidades)

### **GC Fuji IX GP® - Polvo / Líquido**

GC Fuji IX® es un ionómero de vidrio que le provee a la restauración resistencia al desgaste y durabilidad insuperable. La mezcla empacable no-pegajosa se adapta fácilmente a los aspectos internos de la preparación. El dique de hule dental para aislamiento es opcional, ya que la química del GC Fuji IX permite adhesión a la dentina y el esmalte cuando se encuentran húmedos. GC Fuji IX® es usado como un material restaurativo que controla las caries, usado también como material provisional de larga duración, mínimamente invasivo y también se usa como muñón de alta resistencia debajo de restauraciones con coronas.

#### **Indicaciones:**

GC Fuji IX GP® es ideal para las restauraciones de clase I y II en dientes de niños, tanto temporales como permanentes; en restauraciones de clase I y II que no soporten cargas en dientes de adultos; en restauraciones de clase V y de superficies radiculares; en la reconstrucción de muñones y para su utilización con un composite o en una incrustación inlays en la técnica sándwich con composite, aplazada o inmediata.

#### **Ventajas:**

- Al ser un genuino ionómero de vidrio, Fuji IX GP ofrece unas propiedades y una facilidad de uso que pueden satisfacer todas sus demandas en cuanto a materiales restauradores modernos.
- Ionómero de vidrio para posteriores de alta viscosidad y fácil de usar con una gran resistencia a la abrasión.
- Adhesión intrínseca a la dentina y al esmalte; no requiere grabado, adhesivo ni diques de goma.

- Se puede usar con matrices metálicas para contornear fácilmente en la cavidad.
- Colocación en un solo paso.
- Buena radiopacidad, lo que facilita el diagnóstico postoperatorio.
- Excelente biocompatibilidad.
- Específicas de GC Fuji IX GP FAST: Fraguado más rápido, listo en tan solo 3 minutos tras el inicio de la mezcla.
- Consistencia más densa para una fácil condensación.
- Más resistente, para una mayor longevidad.

## **IV. Hipótesis**

### **Hipótesis de trabajo**

El ionómero de vidrio Vitremer (3M ESPE) presenta mayor resistencia a la compresión en comparación al ionómero de vidrio Ketac Molar easy mix (3M ESPE) y el ionómero de vidrio GC Fuji IX transcurrido 1 día, 15 días y 30 días después de su mezclado.

### **Hipótesis nula**

El ionómero de vidrio Vitremer (3M ESPE) no presenta mayor resistencia a la compresión en comparación al ionómero de vidrio Ketac Molar easy mix (3M ESPE) y el ionómero de vidrio GC Fuji IX transcurrido 1 día, 15 días y 30 días después de su mezclado.

## **V. Objetivos**

### **V.1 Objetivo general**

Determinar cuál de los ionómeros de vidrio; Ketac molar easy mix (3M ESPE), el ionómero de vidrio Vitremer (3M ESPE) o el ionómero de vidrio GC Fuji IX presentan mayor resistencia a la compresión transcurrido 1 día, 15 días y 30 días después de su mezclado

### **V.2 Objetivos específicos**

- Evaluar la resistencia a la compresión del ionómero de vidrio Ketac Molar easy mix (3M ESPE) transcurrido 1 día, 15 días y 30 días después de su mezclado.
- Evaluar la resistencia a la compresión del ionómero de vidrio Vitremer (3M ESPE) transcurrido 1 día, 15 días y 30 días después de su mezclado.
- Evaluar la resistencia a la compresión del ionómero de vidrio Gc Fuji IX transcurrido 1 día, 15 días y 30 días después de su mezclado.
- Comparar la resistencia a la compresión de los ionómeros de vidrio Ketac Molar easy mix (3M ESPE), ionómero de vidrio Vitremer (3M ESPE) y el ionómero de vidrio GC Fuji IX transcurrido 1 día, 15 días y 30 días después de su mezclado.

## **VI. Material y métodos**

### **VI.1 Tipo de investigación**

Estudio Experimental *in vitro*.

### **VI.2 Población o unidad de análisis**

Especímenes en forma de cilindro de ionómero de vidrio de 4mm de diámetro por 6 mm de altura de Ketac Molar Easy Mix (3M ESPE), Fuji IX (GC), Vitremer (3 ESPE).

### **VI.3 Muestra y tipo de muestra**

El tamaño de muestra está conformado por 135 cilindros de ionómero de vidrio de 4mm de diámetro por 6 mm de altura, clasificados en grupos de 45 cilindros de cada uno de los ionómeros de vidrio a estudiar que a su vez esta divididos en subgrupos de 15 cilindros por tiempo establecido:

Grupo 1:

45 especímenes en forma de cilindro de Ketac Molar Easy Mix (3M ESPE) divididos en subgrupos de 15 especímenes en forma de cilindro correspondiendo a 1 día, 15 días y 30 días después de su mezclado.

Grupo 2:

45 especímenes en forma de cilindro de Fuji IX (GC) divididos en subgrupos de 15 especímenes en forma de cilindro correspondiendo a 1 día, 15 días y 30 días después de su mezclado.

Grupo 3:

45 especímenes en forma de cilindro de Vitremer (3 ESPE) divididos en

subgrupos de 15 especímenes en forma de cilindro correspondiendo a 1 día, 15 días y 30 días después de su mezclado.

### **VI.3.1 Criterios de selección**

#### **Criterios de inclusión**

- Especímenes en forma de cilindro de ionómero de vidrio de 4mm de diámetro por 6 mm de altura de Ketac Molar Easy Mix (3M ESPE), Fuji IX (GC), Vitremer (3 ESPE).

#### **Criterios de exclusión**

- Especímenes en forma de cilindro de ionómero de vidrio de restauración que presenten grietas.
- Especímenes en forma de cilindro de ionómero de vidrio de restauración que se hayan pigmentado en su preparación.
- Especímenes en forma de cilindro de ionómero de vidrio que no presenten las medidas indicadas.
- Especímenes en forma de cilindro de ionómero de vidrio fracturados.
- Especímenes en forma de cilindro de ionómero de vidrio de restauración que no se hayan foto curado en su totalidad.
- Especímenes en forma de cilindro de ionómero de vidrio de restauración que no se presenten continuidad en su estructura después de su mezclado.



### **Criterios de eliminación**

- Especímenes en forma de cilindro de ionómero de vidrio de restauración que se hayan caído accidentalmente y presenten fracturas o grietas.

### **VI.3.2 Variables estudiada**

Las variables independientes fueron especímenes en forma de cilindro de ionómero de vidrio de Ketac Molar Easy mix, Gc Fuji IX y Vitremer estas se fabricaron con las especificaciones del fabricante y se almacenaron como se denomina en las recomendaciones de sus instrucciones, la variable dependiente fue la resistencia a la compresión.

### **VI.4 Técnicas e instrumentos**

Se obtuvieron de las casas comerciales los diferentes materiales para trabajar en ellos analizamos con detenimiento las instrucciones de cada uno de los materiales para tener una visión clara del tiempo de mezclado y manipulación de los materiales y se almacenaron en un lugar que no presentó variaciones en temperatura y humedad para tener los materiales en óptimas condiciones.

## VI.5 Procedimientos

### Preparación de Especímenes en forma de cilindro de ionómero de vidrio.

En la fase 1 de la investigación se preparó y acondiciono el material necesario para la manipulación y preparación de muestras se prefabrico un molde de aluminio con las medidas de 4mm de diámetro por 6 mm de profundidad (Figura 1).



Figura 1. Molde de aluminio para la fabricación de especímenes.

Se realizo la compra en un depósito dental de los ionómeros vidrio Ketac Molar Easy Mix (3M ESPE), Fuji IX (GC), Vitremer (3 ESPE) para su manipulación y estudio (Figura 2).

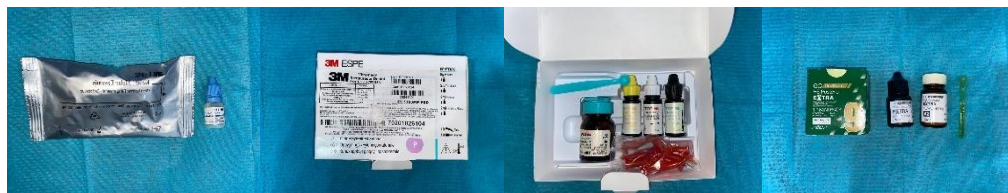


Figura 2 ionómeros de vidrio Ketac Molar Easy Mix (3M ESPE), Fuji IX (GC), Vitremer (3 ESPE).

Una vez obtenido el molde prefabricado y los ionómeros de vidrio se siguieron las indicaciones del fabricante para realizar los especímenes de estudio, se realizaron 45 especímenes en forma de cilindro de ionómero de vidrio distribuidos de la siguiente manera:

Grupo 1 Ketac Molar Easy mix: 45 especímenes en forma de cilindro.

Grupo 2 Gc Fuji IX: 45 especímenes en forma de cilindro.

Grupo 3 Vitremer: 45 especímenes en forma de cilindro.

## **Fase 1 preparación de especímenes para estudio.**

### **Grupo 1 Ketac Molar Easy mix.**

1. se dosificó el polvo y el líquido de los ionómeros de vidrio y se mezclaron de acuerdo con las instrucciones del fabricante (Figura 3).

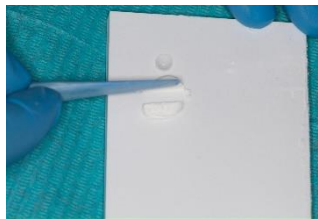


Figura 3 dosificación y mezcla de material.

2. se colocaron en el molde de aluminio completamente seco y limpio, se vertió el material en un compartimiento completándolo con las espátulas de vidrio evitando generar alguna burbuja de aire (Figura 4).

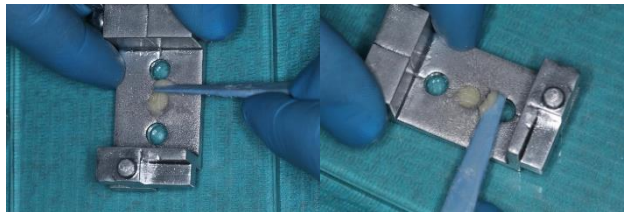


Figura 4 colocación de material en molde de aluminio.

3. Se colocó un tramo de loseta de vidrio del tamaño del molde y se presionó para obtener una superficie completamente lisa y uniforme para posteriormente

fotopolimerizar con la lampara ELIPAIR DEEP CURE L 3M® durante 30 segundos (Figura 5).

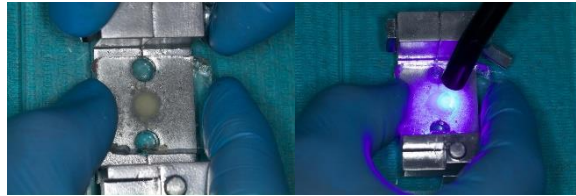


Figura 5 compactación y fotopolimerización del material.

4. Retiramos el espécimen del molde de aluminio para verificar que las muestras cumplen con los criterios de inclusión para la prueba de resistencia a la compresión (Figura 6).



Figura 6 retiro de muestras del molde de aluminio.

5. se colocaron en un recipiente a temperatura ambiente para su almacenamiento y clasificación según el tiempo establecido de 1 día, 15 días y 30 días después de su mezclado.

### **Grupo 2 Gc Fuji IX.**

1. se dosificó el polvo y el líquido de los ionómeros de vidrio y se mezclaron de acuerdo con las instrucciones del fabricante (Figura 7).



Figura 7 dosificación y mezcla de material.

2. se colocaron en el molde de aluminio completamente seco y limpio, se vertió el material en un compartimiento completándolo con las espátulas de vidrio evitando generar alguna burbuja de aire (Figura 8).

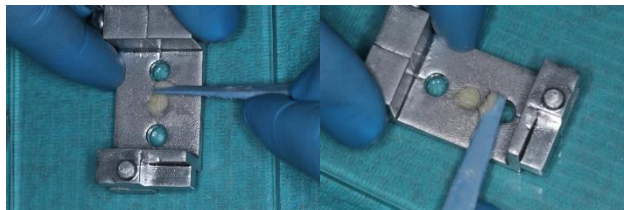


Figura 8 colocación de material en molde de aluminio.

3. Se colocó una loseta de vidrio del tamaño del molde y se presionó para obtener una superficie completamente lisa y uniforme para posteriormente fotopolimerizar con la lampara ELIPAIR DEEP CURE L 3M® durante 30 segundos (Figura 9).



Figura 9 compactación y fotopolimerización del material.

4. Retiramos el espécimen del molde de aluminio para verificar que las muestras cumplen con los criterios de inclusión para la prueba de resistencia a la compresión (Figura 10).



Figura 10 retiro de muestras del molde de aluminio.

5. se colocaron en un recipiente a temperatura ambiente para su

almacenamiento y clasificación según el tiempo establecido de 1 día, 15 días y 30 días después de su mezclado.

### **Grupo 3 Vitremer.**

1. se dosificó el polvo y el líquido de los ionómeros de vidrio y se mezclaron de acuerdo con las instrucciones del fabricante (Figura 11).

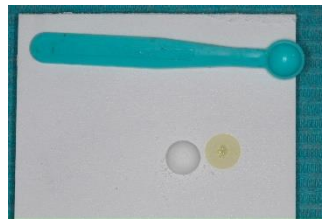


Figura 11 dosificación y mezcla de material.

2. se colocaron en el molde de aluminio completamente seco y limpio, se vertió el material en un compartimiento completándolo con las espátulas de vidrio evitando generar alguna burbuja de aire (Figura 12).

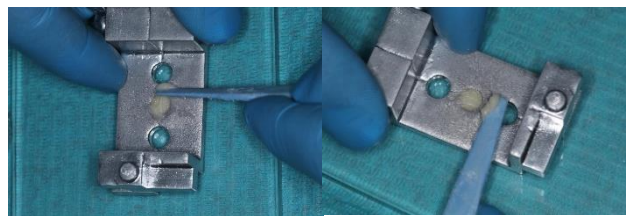


Figura 12 colocación de material en molde de aluminio.

3. Se colocó un tramo de loseta de vidrio del tamaño del molde y se presionó para obtener una superficie completamente lisa y uniforme para posteriormente fotopolimerizar con la lámpara ELIPAIR DEEP CURE L 3M® durante 30 segundos (Figura 13).

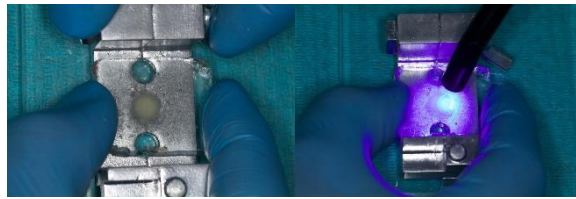


Figura 13 compactación y fotopolimerización del material.

4. Retiramos el espécimen del molde de aluminio para verificar que las muestras cumplen con los criterios de inclusión para la prueba de resistencia a la compresión (Figura 14).



Figura 14 retiro de muestras del molde de aluminio.

5. se colocaron en un recipiente a temperatura ambiente para su almacenamiento y clasificación según el tiempo establecido de 1 día, 15 días y 30 días después de su mezclado.

## **Fase 2: Prueba de resistencia a la compresión.**

1. Una vez inspeccionadas las muestras, clasificadas y almacenadas correctamente. Fueron sometidas a las pruebas de resistencia a la compresión en la máquina de ensayos universales (CMS Metrology 21559044, STC -500 kg); (Fig. 15) una vez que éstas cumplan con el tiempo requerido de 1 día, 15 días y 30 días después de su mezclado.





Fig. 15 máquina de ensayos universales

2. Cada muestra se evaluó en la máquina de pruebas universales y se aplicó una carga compresiva a una velocidad de desplazamiento de 1.0 mm/min sobre el diámetro de la muestra hasta que se fracturo el material (Fig. 16), el valor indicado se registró en Megapascuales (Mpa).

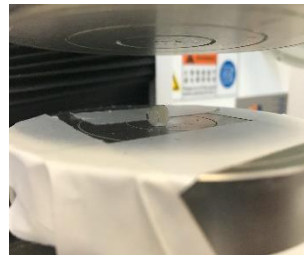


Figura 16 fractura de la muestra en la máquina de ensayos universales.

### **Fase 3: recolección de datos.**

1. los datos fueron contabilizados en una hoja de Microsoft Excel (Fig. 18) especificando cada grupo de material, numero de espécimen, fuerza compresiva en la que se fracturo el material y tiempo en el que el material se fracturo.

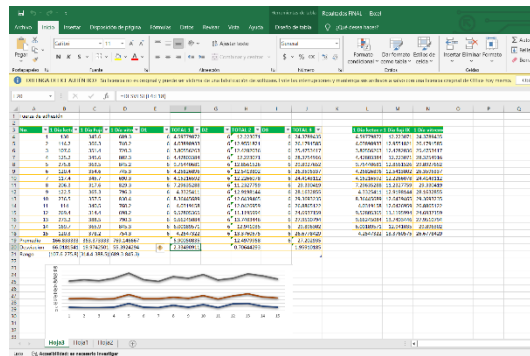


Figura 18 tabla de contabilidad Excel.

2. se analizaron los resultados mediante un análisis estadístico para determinar si existen diferencias significativas de los resultados obtenidos.

## Manejo de residuos

- Luego de realizado el ensayo sobre las muestras de ionómero de vidrio, los restos de material fracturado fueron desechados.

## VI.5.1 Análisis estadístico

Se realizó estadística descriptiva presentando las variables con medidas de resumen de tendencia central promedio, rango y desviaciones estándar, a través de la prueba Kolmogórov-Smirnov las variables presentaron una distribución normal, el análisis estadístico utilizado fue ANOVA con un Post Hoc de Tukey-Kramer ( $\alpha = 0.05$ ).

## VI. Resultados

En la tabla 1, se observa la comparación entre la resistencia a la compresión de los ionómeros de vidrio en sus tres tiempos de medición: 1 día, 15 días y 30 días después de su mezclado. Se observó que hay diferencias significativas en la resistencia a la compresión entre los ionómeros de vidrio durante el mismo tiempo de evaluación, también se encontró que hay una diferencia significativa en el ionómero de vidrio Fuji IX si se compara el mismo material a distintos tiempos de evaluación 1 día, 15 días y 30 días después de su mezclado.

**Tabla 1**

Comparación de los valores de la resistencia a la compresión (MPa) de los Ionómeros de vidrio pasando 1 Día, 15 Días y 30 Días después de su mezclado.

Grupo	Ketac molar (n=15)	Fuji IX (n=15)	Vitremer (n=15)	Valor de p
	X ± DE (Rango)			
Resistencia a la compresión 1 Día.	166.83 ± 66.01 (107.6-275.8)	353.37 ± 19.97 (314.4-388.5)	769.14 ± 55.39 (689.3-845.3)	< 0.0001
Resistencia a la compresión 15 Días.	192.5 ± 30.72 (123.4-240.2)	407.3 ± 42.5 (345.6-460.2)	816.74 ± 57.59 (672.2-892.4)	< 0.0001
Resistencia a la compresión 30 Días.	204.36 ± 27.09 (151.2-249.2)	415.65 ± 49.24 (321.3-490.2)	809.99 ± 61.26 (724.3-882.3)	< 0.0001
Valor de P	0.0759	< 0.01	0.0636	

MPa: Megapascals; X: Promedio; DE: Desviación estándar; n= número de muestras.  
Prueba estadística ANOVA.

En los siguientes gráficos 1, 2 y 3 observamos el comportamiento de los tres ionómeros de vidrio estudiados en los diferentes tiempos de establecidos.

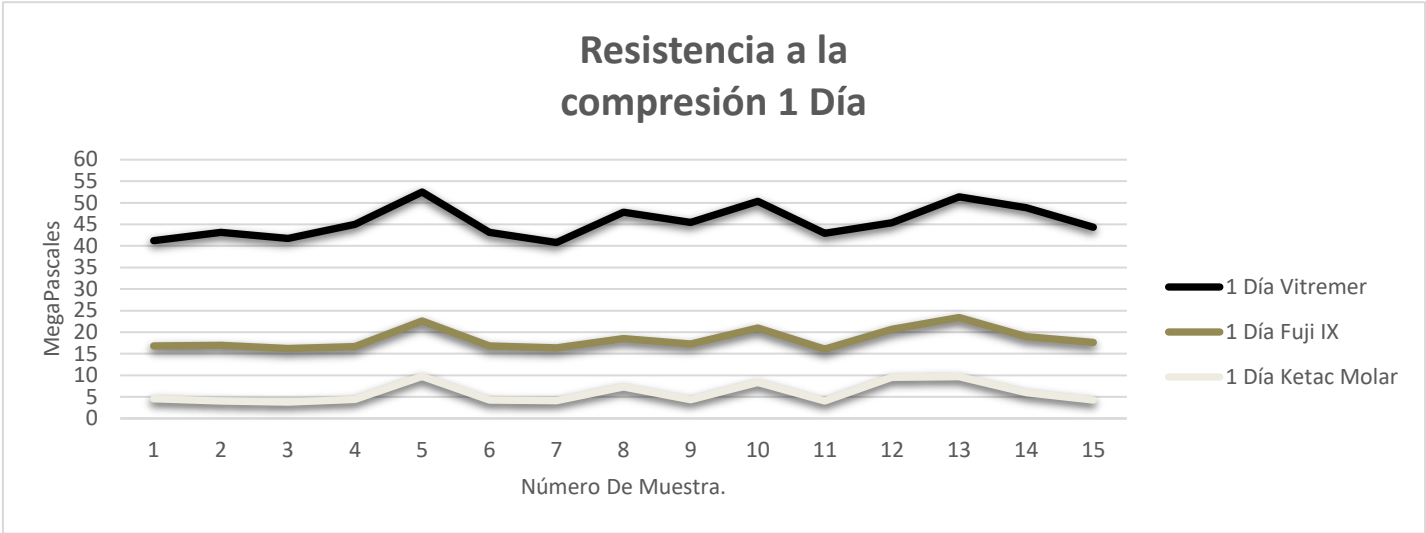


Gráfico 1.

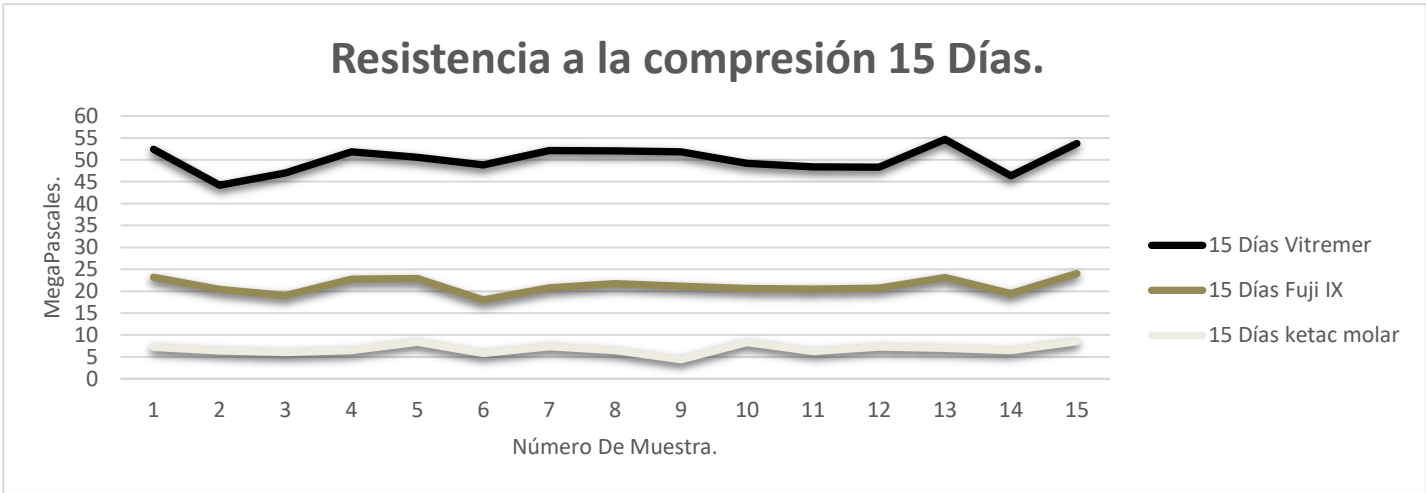


Gráfico 2.

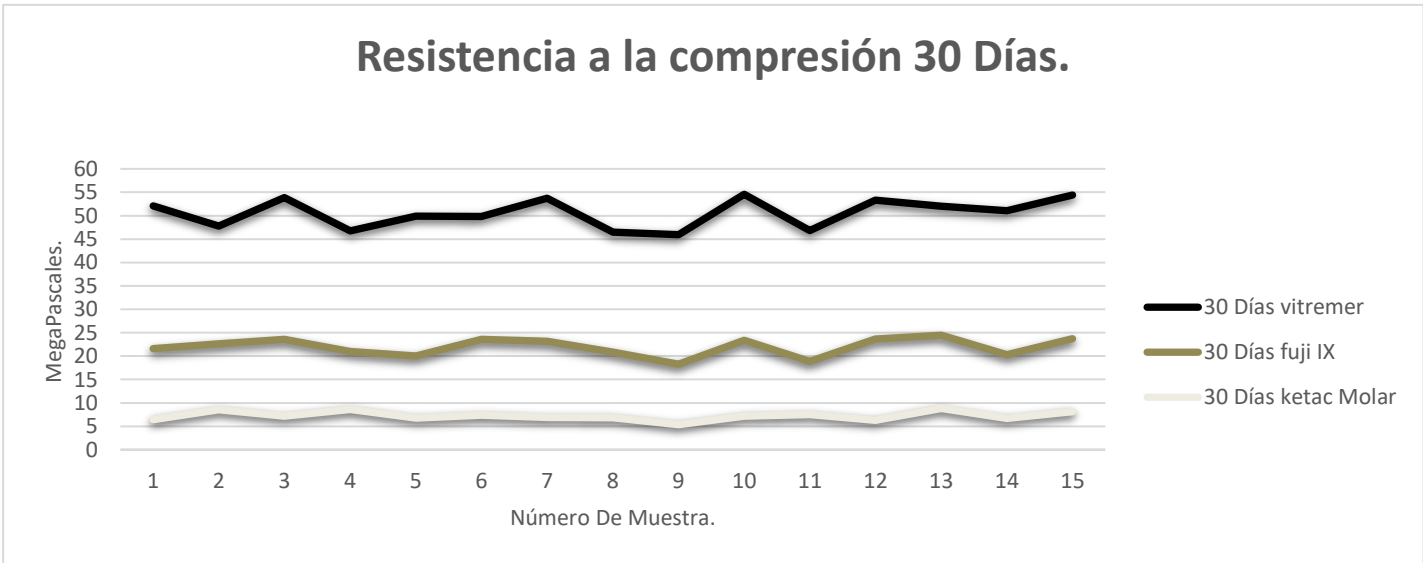


Gráfico 3.

## VII. Discusión

El siguiente estudio tuvo como objetivo comparar de forma *in vitro* la resistencia a la compresión de tres marcas comerciales de ionómero de vidrio: Ketac Molar Easymix (3M ESPE), Gc Fuji IX (Gc), Vitremer, las cuales fueron evaluados en 3 tiempos diferentes; 1 día, 15 días y 30 días después de su mezclado. Se encontró que el material que mostró la mayor resistencia a la compresión en los tres tiempos establecidos después de su mezclado fue el Vitremer (816.74 MPa). Se Observo que los valores de la resistencia a la compresión de los ionómeros de vidrio Ketac Molar Easymix (3M ESPE), Gc Fuji IX (Gc) mantuvieron una constante de aumento durante los tres tiempos de evaluación, reflejados en los valores de resistencia a la compresión conforme el tiempo transcurría después de su mezclado, también se encontraron diferencias significativas en la comparación de cada ionómero de vidrio durante los tres tiempos de evaluación establecidos.

En la revisión bibliográfica realizada encontramos artículos que apoyan nuestro estudio por ejemplo el realizado por Dávila Ramírez 2018, se evaluó la resistencia compresiva del Ketac™ Molar Easymix (3M ESPE), Gc Fuji IX GP, GC EQUIATM Fil (Gc corporation) a las 24 horas, a los 7 días y 60 días después de la mezcla. Cabe mencionar que las medidas de los especímenes del estudio mencionado anteriormente difirieron del nuestro (2mmx4mm). No obstante, la cronología de los resultados, tiene una similitud alta a nuestro estudio, donde el mayor valor de resistencia compresiva fue en los cementos de ionómero de vidrio fue GC EQUIATM Fil (Gc corporation), Gc Fuji IX GP y Ketac™ Molar Easymix (3M ESPE) respectivamente. La similitud puede deberse a la diferente presentación del cemento ionómero de vidrio GC EQUIATM Fil (Gc corporation), ya que su preparación se debe realizar con un equipo especializado y no manualmente como los demás ionómeros de vidrio estudiados eliminando en gran porcentaje los errores que se pueden cometer por el operador al momento de hacer la preparación de material.

Una vez analizados los resultados observamos que los materiales de restauración con mayor presencia en la práctica odontológica con enfoque en restauración de dientes deciduos mostro una diferencia significativa en la resistencia a la compresión entre los tres materiales estudiados. Esta diferencia de resultados radica en la composición de cada uno de ellos, la estructura de los ionómeros de vidrio de restauración está en constante cambio durante el proceso de maduración del material en medida que pasa el tiempo; este factor puede generar diferentes resultados en la resistencia entre los ionómeros de vidrio. Cuando implementamos una técnica de incremento en los ionómeros de vidrio puede llegar a generar burbujas dentro del bloque de material restaurador desencadenando el encapsulamiento de burbujas de oxígeno en la estructura del material lo que inhibe la correcta polimerización de lugares específicos de los especímenes estudiados, y esto puede afectar directamente la resistencia a la compresión provocando fracturas prematuras.

Por otro lado el cemento de ionómero de vidrio Vitremer es un sistema que esta acondicionado con resina en su composición haciendo de este un material hibrido, en una investigación desarrollada por Hübel 2003 exponen que gracias a estas características su resistencia a la compresión, a la fractura y fatiga flexural han aumentado en gran medida, ya que debido al acondicionamiento específico para la cavidad en el órgano dental nos da una superficie completamente libre de contaminantes en el sustrato donde obtiene una mejor adhesión en los tejidos dentales obteniendo con esto y gracias a su composición hibrida una resistencia mucho mayor en su interfaz con el órgano dental y una mejor conformación estructural para resistir las fuerzas de masticación a la que será sometido durante el proceso de masticación obteniendo una restauración eficiente frente a estas condiciones.

El cemento de ionómero de vidrio Ketac moral easy mix (3M ESPE) presentó valores de resistencia a la compresión después de 1 día, 15 días y 30 días con un aumento a lo largo del tiempo establecido, una de los motivos por los que podemos encontrar estos resultados puede deberse a la liberación de flúor prolongado, al liberar flúor quedan espacios micrométricos en si estructura que posteriormente son sellados por el intercambio de iones en la matriz del ionómero de vidrio y la superficie dental

Por otro lado, uno de los componentes principales de este CIV es el óxido de sílice, el cual está compuesto por silicio y oxígeno. Según el estudio realizado por Dávila 2018, nos dan un antecedente que pasando las 24 horas de la mezcla obtenemos resultados favorables hacia la resistencia a la compresión, es decir, sus valores aumentaron al igual que ocurrió en nuestro estudio. Así mismo, la adición de óxido de sílice en forma esférica al polvo mejora la fluidez y la manejabilidad del cemento (Muñoz 2014, Felemban 2016).

Como se observó el ionómero de vidrio Fuji IX mostraron diferencias estadísticamente significativas cuando se evaluó a 1 día, 15 días y 30 días. Esto puede explicarse gracias a un estudio realizado por Terrin en 2004 explicando que la reacción de fraguado es más rápida que los ionómeros de vidrio de alta viscosidad. Según el fabricante, la viscosidad relativamente mayor es el resultado de la adición de políacido acrílico al polvo ya que nos proporciona una distribución más delgada y eso permitió mejorar las propiedades mecánicas de este cemento. Se observaron diferencias significativas en las resistencias entre los tres ionómeros de vidrio en períodos de 1 día hora, 15 días y 30 días como se observa en el en el cuadro 1 de resultados; podemos observar que Fuji IX es más resistente en todos los intervalos de tiempo por encima del ketac mola easy mix, pero está por debajo de Vitremer, ya que la maduración del cemento se produce a un ritmo más rápido. Sin embargo, el uso de partículas más pequeñas para aumentar la reacción de fraguado puede tener un efecto perjudicial sobre la resistencia. Las partículas más pequeñas pueden formar irregularidades que podrían aumentar el riesgo de concentraciones de tensión locales y, como resultado, facilitar el crecimiento de grietas locales y disminuir la resistencia es por ello que se deben de realizar mayores estudios enfocados específicamente en cada material para tener un sustento en base a la investigación del comportamiento de cada ionómero de vidrio estudiado a lo largo del tiempo y poder obtener mayor información acerca del comportamiento de cada uno.

El presente estudio presenta ciertas limitaciones que conviene tomar en cuenta para un adecuado análisis de los resultados; y es que no se encuentra disponible en

forma pública la información completa de la composición de los materiales, impidiendo el análisis integral de los resultados.

Las investigaciones *in vitro* son relevantes, ya que permiten confirmar las propiedades físicas, ópticas y químicas de nuevos materiales dentales como los ionómeros de vidrio, desarrollados por la industria odontológica. Es importante, realizar investigaciones *in vitro* que permitan validar estas propiedades y su comportamiento como material restaurador tanto clínico y a lo largo del tiempo, de esta forma indicar su empleo en programas de salud pública y en consulta privada.



## **VIII. Conclusiones**

Una vez analizados los resultados podemos concluir que el ionómero de vidrio Vitremer obtuvo la mayor resistencia a la compresión en todos los tiempos establecidos por encima de los dos materiales estudiados confirmando la hipótesis de trabajo planteada en esta investigación; los tres materiales estudiados presentaron valores en aumento en relación al paso del tiempo, entre mayor tiempo pasa su resistencia a la compresión aumenta, se observó que mantiene un aumento constante después de 30 días de su mezcla.

En este estudio podemos observar que a pesar de que hay coincidencias con una variedad de trabajos similares a este trabajo como se discutió en la sección anterior, en dichas investigaciones también hay ciertas discrepancias, por lo cual se pueden desarrollar estudios con diferentes enfoques desde la cantidad de especímenes, el tiempo a estudiar ya que es una de las variables significativas, el tamaño de los especímenes así como los materiales que se pueden comparar para obtener más resultados que respalden esta investigación y poder dar un soporte en base a la evidencia científica para que los profesionales que están a cargo de la salud dental de los pacientes pediátricos tengan la mejor herramienta al alcance de sus manos y brindar la mejor atención dependiendo del caso que se tenga que resolver en el consultorio dental, ahorrando tiempo y optimizando los resultados para lograr restauraciones eficaces a largo plazo.

## **IX. Propuestas**

En investigaciones a futuro se podría valorar *in vitro* la resistencia y el comportamiento de cada uno de estos materiales a una longitud de mayor tiempo para conocer su comportamiento hacia los complejos movimientos a los que se encuentran sometidos los ionómeros de vidrio en la cavidad bucal de los individuos y aportar a los profesionales de la salud las herramientas necesarias para la toma de decisión en cada uno de los tratamientos ya que todos los tratamientos deben ser tratados de manera única e individuales lo que nos compromete a los odontólogos estar a la vanguardia para devolver la salud a cada uno de los pacientes que se presenten a nuestro consultorio dental.

## X. Bibliografía.

- Alvaro Guzman, A, L John Torres, V Martha Cedeno, A Silvio Delvasto, B Vicente Amigo, and V Enrique Sanchez. 2013. "Stoneware Tile Manufacturing Using Rice Straw Ash as Feldspar Replacement." *Boletín de La Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*.
- Anstice, H M, J W Nicholson, and J F McCabe. 1992. "The Effect of Using Layered Specimens for Determination of the Compressive Strength of Glass-Ionomer Cements." *Journal of Dental Research*.
- Atkinson, A S, and G J Pearson. 1985. "The Evolution of Glass-Ionomer Cements." *British Dental Journal*.
- Bala, Oya, Hacer Deniz Arisu, Ihsan Yikilgan, Seda Arslan, and Abdulkadir Gullu. 2012. "Evaluation of Surface Roughness and Hardness of Different Glass Ionomer Cements." *European Journal of Dentistry*.
- Berger, Ricarda, Giuseppe Resnati, Pierangelo Metrangolo, Edwin Weber, and Jürg Hulliger. 2011. "Organic Fluorine Compounds: A Great Opportunity for Enhanced Materials Properties." *Chemical Society Reviews*.
- Dávila Ramírez, Carolina Melky, and Bruno Barandiarán Calderón. 2018. "Comparación in Vitro de La Resistencia a La Compresión de Diferentes Marcas de Cemento Ionómero de Vidrio Autocurable En La Técnica de Art."
- Felemban, Nayef H, and Mohamed I Ebrahim. 2016. "Effects of Adding Silica Particles on Certain Properties of Resin-Modified Glass-Ionomer Cement." *European Journal of Dentistry*.
- Ferrario, V F, C Sforza, G Serrao, C Dellavia, and G M Tartaglia. 2004. "Single Tooth Bite Forces in Healthy Young Adults." *Journal of Oral Rehabilitation*.
- García, Stefany Gil, Sara Mosquera Arenas, Luz Adriana Hoyos Arias, Tatiana Domínguez Jiménez, Luz Mónica Arango, and Clara Liliana Gallego. 2013. "Cambios En La Resistencia Compresiva Del Ionómero de Vidrio Al Ser Grabado Con Ácido Ortofosfórico." *Revista Nacional de Odontología*.
- Henostroza Haro, Gilberto. 2006. *Estética En Odontología Restauradora*. Asociación Latinoamericana de Operatoria Dental y Biomateriales.
- Hernández González, R, R Moraga Castillo, M Velásquez Castilla, and F Gutiérrez Flores. 2013. "Resistencia Compresiva Vidrio Ionómero Ionofil Molar® y Vitremer® Según Tiempo de Exposición En Saliva Artificial." *Revista Clínica de Periodoncia, Implantología y Rehabilitación Oral*.

- Hes, K M Y, S K Leung, and S H Y Wei. 1999. "Resin-ionomer Restorative Materials for Children: A Review." *Australian Dental Journal*.
- Huayhua Revolledo, Edison David. 2013. "Estudio Comparativo in Vitro de La Resistencia Comprensiva de Resinas Compuestas Microhíbridas y Nanohíbridas."
- Hübel, S, and Ingegerd Mejåre. 2003. "Conventional versus Resin-modified Glass-ionomer Cement for Class II Restorations in Primary Molars. A 3-year Clinical Study." *International Journal of Paediatric Dentistry*.
- Lafuente, David, Pablo Romero-Zúñiga, and Erick Lachner-González. 2011. "Influencia de Acondicionador Dentinal En La Fuerza de Adhesión de Ionómeros de Vidrio Para Restauraciones." *Odovtos-International Journal of Dental Sciences*.
- Leon Ramirez, Girena Esteffani. 2022. "Resistencia a La Compresión de Ketac Molar, Ionofil Molar y Vitremer Según Tiempo de Exposición En Saliva Artificial, Huánuco 2021."
- LOPES, Célia Maria Condeixa de França, Edward Werner SCHUBERT, Alessandra REIS, and Denise Stadler WAMBIER. 2016. "Analysis of the Hardness of a New Restorative Material for ART: Glass Carbomer." *Revista de Odontologia Da UNESP*.
- López Aldana, Rubén Darío, Adolfo León Gómez, Carlos García, and Luís M Borrero. 2002. "Gnatodinamómetro y Fuerza Oclusal."
- Macorra García, José Carlos de la. 1995. "Nuevos Materiales a Base de Vidrio Ionómero: Vidrios Ionómeros Híbridos y Resinas Compuestas Modificadas."
- Matsumoto, Kazuhiko, Jianling Li, Yoshimi Ohzawa, Tsuyoshi Nakajima, Zoran Mazej, and Boris Žemva. 2006. "Surface Structure and Electrochemical Characteristics of Natural Graphite Fluorinated by ClF<sub>3</sub>." *Journal of Fluorine Chemistry*.
- Matsuya, S, T Maeda, and M Ohta. 1996. "IR and NMR Analyses of Hardening and Maturation of Glass-Ionomer Cement." *Journal of Dental Research*.
- MiLoseviC, ALEX. 2017. "Abrasion: A Common Dental Problem Revisited." *Primary Dental Journal*.
- Muñoz, Carol Rubí Delgado, Juana Paulina Ramírez Ortega, and Adolfo Yamamoto Nagano. 2014. "Liberación de Fluoruro de Dos Cementos de Ionómero de Vidrio: Estudio in Vitro." *Revista Odontológica Mexicana Órgano Oficial de La Facultad de Odontología UNAM*.
- Ngo, H, GaJ Mount, and MCRB Peters. 1997. "A Study of Glass-Ionomer Cement and Its Interface with Enamel and Dentin Using a Low-Temperature, High-Resolution Scanning Electron Microscopic Technique." *Quintessence*

*International.*

- Noort, Richard Van, and Michele Barbour. 2014. *Introduction to Dental Materials-E-Book*. Elsevier Health Sciences.
- Reina, J M, José Manuel García-Aznar, J Domínguez, and M Doblaré. 2007. "Numerical Estimation of Bone Density and Elastic Constants Distribution in a Human Mandible." *Journal of Biomechanics*.
- Rozen, Shlomo. 1988. "Elemental Fluorine as a Legitimate Reagent for Selective Fluorination of Organic Compounds." *Accounts of Chemical Research*.
- Salamea, Cinthya Coralia, Paola Campoverde Córdova, Juan Cabrera Ortiz, Viviana Calle Cabrera, and Cinthya Salamea Guevara. 2021. "Filtración Marginal Con Ionómero de Vidrio y Compómero En Molares Temporarios En Pacientes de 5-10 Años." *Odontología Activa Revista Científica*.
- Sánchez, Laura Angélica Flores, and Juana Paulina Ramírez Ortega. 2010. "Ionómeros de Vidrio Restauradores: Valoración de Acuerdo a La Norma 96 de La ADA." *Revista de La Asociación Dental Mexicana*.
- Sidhu, S K. 2011. "Glass-ionomer Cement Restorative Materials: A Sticky Subject?" *Australian Dental Journal*.
- Sidhu, Sharanbir K, and Timothy F Watson. 1995. "Resin-Modified Glass Ionomer Materials. A Status Report for the American Journal of Dentistry." *American Journal of Dentistry*.
- Simmons, Jennifer O, Erik J Meyers, Wen Lien, Rosalia L Banfield, Howard W Roberts, and Kraig S Vandewalle. 2016. "Effect of Surface Treatments on the Mechanical Properties and Antimicrobial Activity of Desiccated Glass Ionomers." *Dental Materials*.
- Sulong, Mohd Zainal Abidin Mohd, and Ramlah Abdul Aziz. 1990. "Wear of Materials Used in Dentistry: A Review of the Literature." *The Journal of Prosthetic Dentistry*.
- Tate, W H, and J M Powers. 1996. "Surface Roughness of Composites and Hybrid Ionomers." *Operative Dentistry*.
- Terrin, M M, and M F Navarro. n.d. "Compressive and Diametral Tensile Strength of Glass Ionomer Cements."
- Thomas, Craig J. 2006. "Fluorinated Natural Products with Clinical Significance." *Current Topics in Medicinal Chemistry*.
- Torres, M G, T R Mendoza, I J Guerrero, and N J Yamamoto. 2015. "Evaluación de La Resistencia a La Erosión Ácida de Dos Ionómeros de Vidrio Utilizados En La Técnica Restaurativa Atraumática (TRA), Modificados Con Un Antibiótico." *Revista Científica Odontológica*.

- Valencia, José de Jesús Cedillo. 2011. "High-Density Glass Ionomer Used as a Liner in a Sandwich Technique Restoration." *Revista de La Asociación Dental Mexicana*.
- Vargas Gutiérrez, G, J Méndez Nonell, L López Ojeda, Salvador de Aza Pendas, and Piedad N de Aza. 2005. "Cementos Odontológicos a Base de Poli (Ácido Acrílico) y Wollastonita."
- Verón, María Gisela, Sergio Gabriel Suárez, and Miguel Oscar Prado. 2018. "Estudio de Los Cambios de La Composición Química de Un Ionómero Vítreo Mediante La Técnica de PIXE." *Matéria (Rio de Janeiro)*.
- Walker, Mark C, and Michelle C Y Chang. 2014. "Natural and Engineered Biosynthesis of Fluorinated Natural Products." *Chemical Society Reviews* 43.
- Wilson, A D, and J W McLean. 1988. "Glass-Ionomer Cements, Quintessence Publ." Co., Chicago.
- Wu, Ming-Le, Peng-Yu Lai, Fan Cheong, Wen-Cheng Zhou, Sang-Hui Xu, Hui Li, and Shan Shen. 2023. "Application in the Analysis of the Occlusal Force of Free-End Missing Tooth Implant Restoration with T-SCAN III." *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*.
- Yan, Z, S K Sidhu, G A Mahmoud, T E Carrick, and J F McCabe. 2007. "Effects of Temperature on the Fluoride Release and Recharging Ability of Glass Ionomers." *Operative Dentistry*.
- Zhao, Zhe, Qing Wang, Jiale Li, Ming Zhou, Kai Tang, Jihua Chen, and Fu Wang. 2023. "Construction of a Novel Digital Method for Quantitative Analysis of Occlusal Contact and Force." *BMC Oral Health*.